

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra Robototechniky

**Konstrukční návrh chapadla v kombinaci s  
nástrojem pro odběr tekutin pro MR ARES**

**Design of Gripper in Combination with Fluid  
Sampling Tool for MR ARES**

Student:

Tomáš Červenka

Supervisor:

Ing. Michal Gloger

Ostrava 2012

# Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Červenka**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2301R013 Robotika

Téma: **Konstrukční návrh chapadla v kombinaci s nástrojem pro odběr tekutin  
pro MR ARES**  
**Design of Gripper in Combination with Fluid Sampling Tool for MR  
ARES**

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte stávající postupy a principy automatických a ručních odběrů tekutinových vzorků. Specializujte se na nebezpečné a výbušné tekutiny. Uveďte a popište normu, která se vztahuje k této problematice. Na základě získaných poznatků sestavte ve spolupráci s vedoucím práce požadavkový list pro návrh nástroje pro odběr tekutin.
2. Na základě provedené analýzy a sestaveného požadavkového listu navrhnete možná principiální řešení nástroje pro odběr tekutin. Proveďte objektivní posouzení navržených variant a vyberte z nich nejlepší.
3. Navrhnete způsob kombinace nástroje pro odběr tekutin a chapadla. Vypracujte varianty, zhotovte principiální 3D modely, znova proveďte objektivní posouzení a vyberte nejlepší variantu.
4. Navrhnete konstrukci chapadla pro vybranou variantu kombinovaného efektoru.
5. Vybranou variantu rozpracujte do úrovně detailního 3D modelu.
6. Práci doplňte podrobnou technickou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
7. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (dle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

NOVÁK, P. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. 1. vydání. Praha: BEN Praha, 2005. 247 s. ISBN 80-7300-141-1.

KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 139 s. ISBN 80-248-0626-6.

SMRČEK, J.; KÁRNÍK, L.; BOBOVSKÝ, Z. *Robotika – Servisné roboty na pásomom podvozku. Navrhovanie, konštrukcia, riešenia*. 1. vydání. Košice: Edícia ved. a odb. literatúry SJF TU, 2010. 248 s.

KÁRNÍK, L.; KNOFLÍČEK, R.; MARCINČIN, J. *Mobilní roboty*. 1. vydání. Opava: Márfy Slezsko, 2000. 212 s. ISBN 80-902746-2-5.

DRASTÍK, F. *Technické kreslení I. – pravidla tvorby výkresů ve strojírenství*. 2. vydání. Ostrava: Montanex Ostrava, 2005. 260 s. ISBN 87-7225-195-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Gloger**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

prof. Dr.Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářská práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: .....

.....

Tomáš Červenka

Adresa trvalého pobytu studenta

Za Olšinou 84, Václavovice, 739 34

---

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ČERVENKA, T. *Konstrukční návrh chapadla v kombinaci s nástrojem pro odběr tekutin pro MR ARES*

Ostrava: katedra robototechniky, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012, 63 s., Bakalářská práce, vedoucí: Ing. Michal Gloger

Bakalářská práce pojednává o konstrukčním návrhu nástroje pro odběr tekutin v potenciálně nebezpečném prostředí. Jedná se o návrh mechanismu, který vysune trubici do dané vzdálenosti. Celý mechanismus musí vyhovět směrnicím ATEX minimální kategorie II G/D. V teoretické části práce je podrobně popsána směrnice ATEX s popisem jednotlivých kategorií, skupin a typy ochrany zařízení před výbuchem, dále jsou také popsány ruční metody odběru tekutinových vzorků. Součástí práce je návrh tří variant způsobu odběru tekutinových vzorků a čtyři varianty řešení výsunu trubic. Následně je vybraná optimální varianta, která je konstrukčně řešená ve 3D modelu. Výpočtová část práce obsahuje návrh pneumatického bloku k ovládání výsunu trubic. V poslední části je řešen prototyp výsunu trubic s použitím stávajícího efektoru MR ARES, který však neodpovídá optimálnímu způsobu odběru tekutinových vzorků.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

The bachelor thesis deals with a construction design of a device specialized in taking samples of fluid in potentially dangerous surroundings. It is a plan of a mechanism that eject a tube in given distance. The entire mechanism has to comply with the directive ATEX of a minimal category II G/D. Theoretical part contains a detailed description of the directive ATEX and its individual categories, groups and types of protection against the explosion. There are also other manual methods of taking fluid samples described. A part of the thesis are concepts of three ways how to take fluid samples and four ways of a tube ejection options. Subsequently the optimal alternative is chosen and constructionally solved in a 3D model. Computational part of the thesis contains the design of pneumatic block for a tube ejection control. In the last part there is a solution of prototype of a tube ejection using a current gripper MR ARES, however it doesn't correspond with optimal way of taking fluid samples.

---

## Obsah

Seznam použitého značení .....	9
1. Rešerše stávajícího postupu odběru tekutinových vzorků .....	11
1.1 Stávající postupy ručního odběru tekutinových vzorků .....	11
1.1.1 Techniky odběru .....	12
1.1.2 Odběry kapalných vzorků .....	13
1.1.3 Odběry plynných vzorků .....	17
1.1.4 Odběry sypkých hmot .....	18
2. Norma ATEX.....	19
2.1 Legislativa v oblasti ochrany před výbuchem .....	19
2.2 Značení zařízení do výbušného prostředí a jeho popis .....	20
2.3 Typy ochrany proti vznícení .....	24
2.4 Materiály vhodné do výbušného prostředí .....	25
3. Požadavkový list .....	27
4. Popis problematiky odběru tekutin .....	28
5. Koncepce techniky odběru tekutin .....	28
5.1 Varianta se stacionárním místem odběru .....	28
5.2 Varianta s efektozem s průchozími čelistmi.....	29
5.3 Varianta s orientačním ustrojem .....	30
5.4 Výběr optimální varianty .....	31
6. Koncepce techniky výsunu trubic .....	31
6.1 Varianta s použitím teleskopického válce.....	32
6.2 Varianta s použitím pneumatického, dvoučinného válce.....	33

---

6.3	Varianta s použitím pneumatického rotačního motoru .....	34
6.3.1	Použití rotačního elektro motoru .....	35
6.4	Varianta s použitím mechanismu bovdena a ocelového lanka .....	35
6.5	Výběr optimální varianty .....	37
7.	Konstrukční návrh optimální varianty .....	41
7.1	Konstrukční návrh orientačního ústrojí.....	41
7.2	Konstrukční návrh výsunu trubic .....	43
7.2.1	Návrh materiálu .....	44
7.2.2	Návrh tlačné pružiny.....	44
7.2.3	Návrh vedení.....	46
7.3	Návrh pohonu.....	48
7.3.1	Kontrolní výpočet pohonu .....	49
7.3.2	Návrh kladek.....	50
7.3.3	Umístění motoru na podvozek MR.....	51
7.4	Návrh pneumatického bloku .....	51
7.4.1	Volba komponent pneumatického bloku .....	54
8.	Konstrukční návrh prototypu výsunu trubic s použitím stávajícího efektoru.....	55
8.1	Konstrukční návrh výsunu trubic prototypu .....	56
8.2	Rozmístění subsystému na MR ARES.....	58
9.	Závěr .....	60
10.	Seznam použité literatury a technických podkladů .....	61
11.	Přílohy.....	63



---

## Seznam použitého značení

MR.....mobilní robot

OM.....objekt manipulace

T.....Povrchová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$F_{\text{pružiny}}$ .....Síla vyvinutá pružinou [N]

$g$ .....Gravitační zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]

$m$ .....Hmotnost [Kg]

$D$ .....Vnější průměr [mm]

$d$ .....Průměr drátu pružiny [mm]

$H$ .....Zdvih [mm]

$F_1$ .....Síla pružiny v předpjatém stavu [N]

$F_8$ .....Síla pružiny při maximálním stlačení [N]

$L_1$ .....Délka pružiny při předpjatém stavu [mm]

$L_8$ .....Délka pružiny při maximálním stlačení [mm]

$L_0$ .....Délka volné pružiny [mm]

$z$ .....Počet závitů [-]

$p_{\text{vzd}}$ .....Tlak ve vzdušníku [MPa]

$p_{\text{min}}$ .....Minimální tlak ve vzdušníku [MPa]

$F$ .....Efektivní síla pístu [N]

$F_{\text{min}}$ .....Minimální síla pístu [N]

$p$ .....Pracovní tlak [MPa]

$S$ .....Plocha pístu [ $\text{mm}^2$ ]

$D_k$ .....Průměr kladky [mm]

---

$\alpha$ .....Součinitel kladek [-]

$M_{OM}$  .....Krouťicí moment vyvolaný objektem manipulace [Nm]

$M_S$ .....Krouťicí moment vyvolaný subsystémem výsunu trubic [Nm]

$m_{max}$ .....Maximální hmotnost OM [Kg]

## 1. Rešerše stávajícího postupu odběru tekutinových vzorků

Stávající postupy odběru tekutinových vzorků lze provádět ručně nebo automatizovaně, kdy je odběrový subsystém umístěn na MR. Jelikož jsem nikde nenašel plně automatizovaný odběr tekutin, tak jsem se v rešerši dále zabýval pouze ručním odběrem tekutinových vzorků. Mezi tekutiny řadíme vzorky kapalné, plynné a sypké tuhé hmoty.

### 1.1 Stávající postupy ručního odběru tekutinových vzorků [1]

Správné provedení odběru vzorku je velmi důležité a nezbytné, požadujeme-li získat spolehlivou výpověď o kvalitě, vlastnostech nebo složení určité tekutiny. Pomocí nejmodernějších technik lze provádět velice přesné analýzy vzorků. Tyto techniky však ztrácejí svůj účinek, pokud se objevila chyba již při odběru vzorků a tato nás pak provádí všemi kroky analýzy. Výsledek je tak již od počátku zkreslen. Správné informace o vlastnostech vzorků lze získat pouze tehdy, jsou-li vzorky odebírány vždy stejným správným způsobem a je-li s nimi zacházeno stejně jako při pozdější analýze. V podstatě jde o to, aby vlastnosti a složení u malého množství vzorku přesně odpovídaly vlastnostem materiálu, ze kterého byl vzorek odebrán.

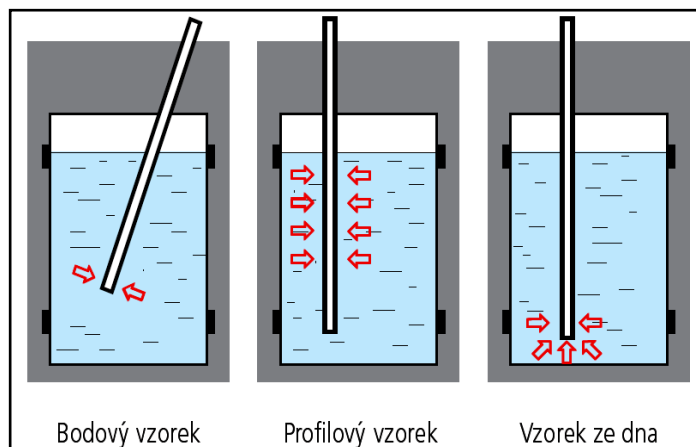
Nástroj by měl být zhotoven z inertních materiálů, ze kterých se neuvolňuje žádný materiál a nemůže tak dojít ke kontaminaci vzorku. Inertní materiál se vždy řídí podle zkoušeného média. Zpravidla se dobře hodí nástroje z ušlechtilé oceli a vysoce jakostních umělých hmot jako je např. teflon.

Nástroje by měly být pokud možno jednoduše čistitelné. V potravinářství lze doporučit sterilně zabalené jednorázové vzorkovače, které lze po použití odstranit.

Zařízení nesmějí mít žádné rýhy nebo zářezy, protože se v nich může ukládat zbylý materiál, který nelze odstranit. V takovém případě nelze vyloučit zavlečenou kontaminaci.

### 1.1.1 Techniky odběru [1]

Techniky odběru vzorků můžeme rozdělit do tří skupin: **profilový vzorek**, **bodový vzorek** a **vzorek u dna** (Obrázek 1.1)



Obrázek 1.1 schéma techniky odběru vzorku[1]

#### **Bodový vzorek:**

Odebere se cílený vzorek z předem určeného místa. Buď se tím získá informace o stavu materiálu přesně v tomto místě nebo se zvolí několik cílových bodů na větší ploše nebo ve velkoobjemové nádobě. Všechny bodové vzorky poskytují dohromady reprezentativní vzorek.

#### **Profilový vzorek:**

Odebere se vzorek materiálu ze všech vrstev a získá se tak reprezentativní vzorek.

#### **Vzorek ze dna:**

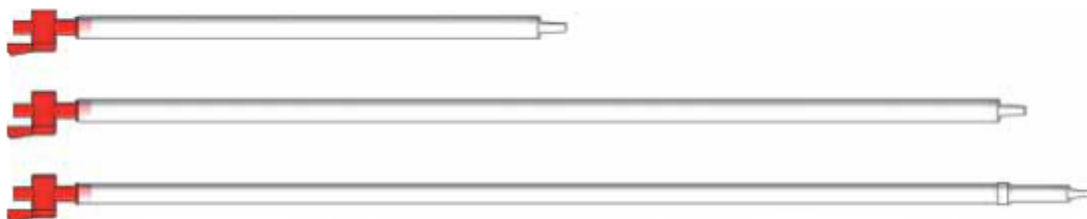
Odebere se cílený vzorek ze dna předem určeného místa. Buď se tím získá informace o stavu materiálu přesně v tomto místě, nebo se zvolí několik cílových bodů na větší ploše. Všechny bodové vzorky poskytují dohromady reprezentativní vzorek.

### 1.1.2 Odběry kapalných vzorků [1]

#### Násoskový vzorkovač:

Pro jednoduchý odběr vzorků tekutin. Dobrá vizualizace v průhledné trubici. Horní konec s uzavíracím kohoutem, spodní konec s kulovým ventilem. (Obrázek 1.2)

- PP, průhledný
- v délkách 50, 100 a teleskopický 200cm Ø22mm
- možnost odběru profilových a bodových vzorků

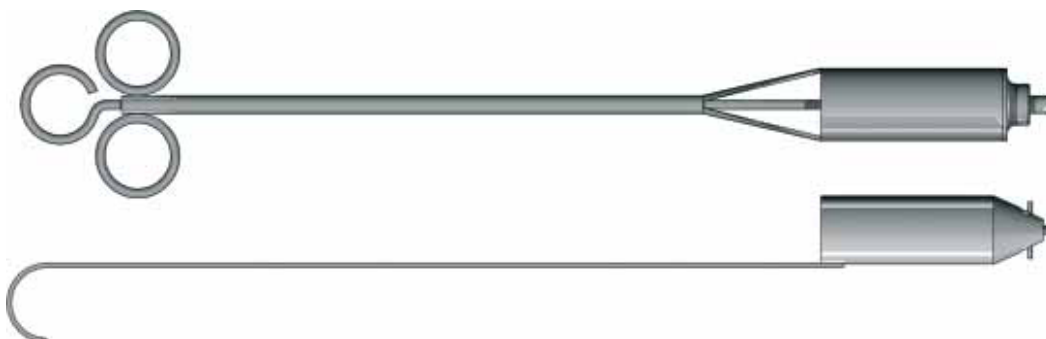


Obrázek 1.2 násoskový vzorkovač

#### Vzorkovač Liquid-Sampler:

Pro obsluhu jednou rukou. Záklopka se otevírá a zavírá palcem (Obrázek 1.3)

- Vyrobeno z ušlechtilé oceli AISI 304
- v délkách 460 až 535 Ø32mm
- kapacita 50 a 100ml

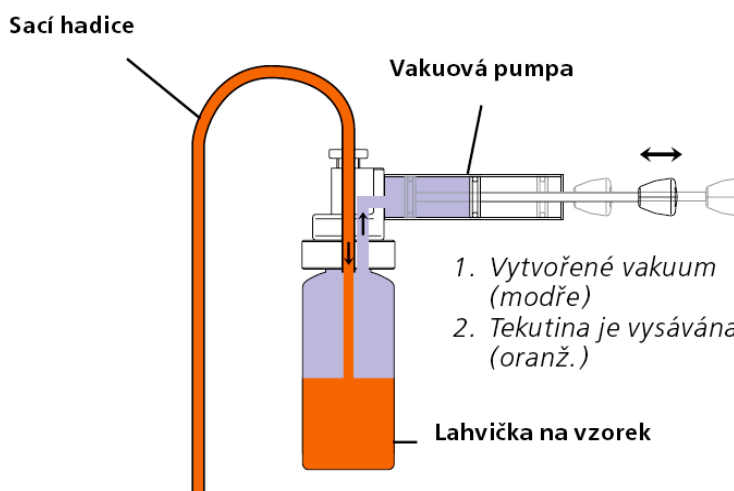


Obrázek 1.3 vzorkovač Liquid-Sampler

### Mini - Vzorkovač pro kapaliny:

U Mini - Vzorkovače přichází tekutina vzorku do kontaktu pouze se sací hadicí a originální lahvičkou na vzorek. Tím se výrazně zamezí kontaminaci. Lahvičky se ihned po odběru vzorku uzavřou těsnícím uzávěrem s originálním bezpečnostním kroužkem. Jednocestná sací hadice z PE může být rychle vyměněna, tím je zajištěno, aby bylo možno odebírat vždy nekontaminované vzorky. V případě potřeby jde použít pro každý vzorek novou hadici. Díky jejímu malému průměru (8 mm) může být hadice zavedena do míst, která jsou jinak nepřístupná. (Obrázek 1.4)

- PE pro všeobecný odběr vzorku
- PTFE pro mimořádně čistý odběr vzorku
- vhodný i pro viskózní oleje
- lahvičky na vzorky se dvěma objemy 90 a 180ml



Obrázek 1.4 princip Mini – vzorkovače pro kapaliny

Pomocí vakuové pumpy se vytvoří v nádobě podtlak a přes hadičku se nasaje kapalinový vzorek (Obrázek 1.4)

**Uni - Vzorkovač s hadicí:**

Uni – Vzorkovač s hadicí a závaží hadice z ušlechtilé oceli. Vzorkovač pro hluboká, úzká a těžko přístupná místa. Hadice se pomocí těžké kovové trubice zasune do hloubky. I zde se z důvodu čistoty vzorky plní pomocí ruční vakuové pumpy přímo do lahviček na vzorky. (Obrázek 1.5)

- sací hadice z PVC, délka 2,50 m
- kompletně včetně kufříku



Obrázek 1.5 Uni – Vzorkovač s hadicí

**Vzorkovač “Vampýr”**

Přenosné, bateriemi napájené hadicové čerpadlo na tekutiny. Ideální pro vzorkování ze sudů, nádrží, studen, vodních odstředivek, z odpadních vod a čistících systémů. (Obrázek 1.6)

- snadné čištění; tekutina přijde do styku pouze s hadicí (peristaltická pumpa)
- nezávislý na elektrickém proudu, napájení z akumulátoru, s nabíječkou
- vzorkování přímo do originální lahve na vzorky
- sání z hloubky do 5 m
- vhodný pro kontaminované látky nebo látky obsahující pevné částice
- dobrá chemická odolnost
- vysoký výkon do 2,0 l/min



Obrázek 1.6 vzorkovač Vampýr

### Aqua - Vzorkovač

Vzorkovač pro vzorky z podzemních vod, studní, šachet a jiných zdrojů. Vhodný pro všechny obvyklé šachty studní do Ø 2", bez vzpříčení nebo zaháknutí. 2,3 mm silné spouštěcí lanko, na které je Aqua-Vzorkovač připojen a zaveden do studny, je vyrobeno z ušlechtilé oceli 316 a potaženo teflonem FEP. Robustní ruční cívka je doporučena jako příslušenství, slouží k rychlému a účinnému navinutí lanka. (Obrázek 1.7)



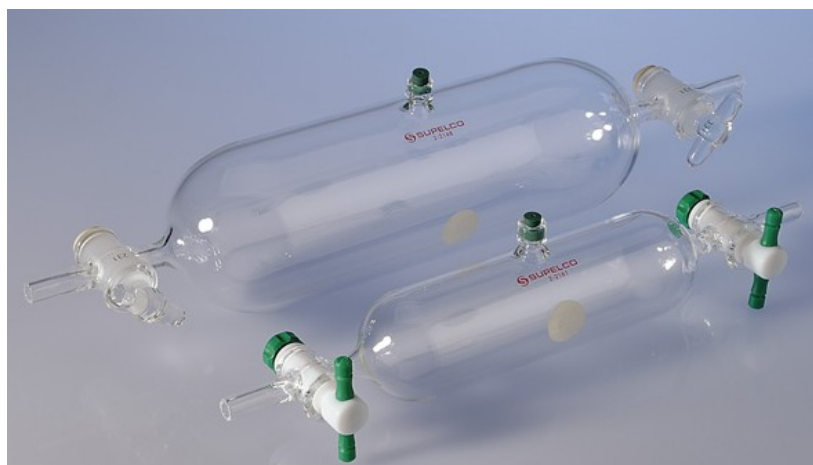
Obrázek 1.7aqua – vzorkovač



### 1.1.3 Odběry plyných vzorků [2]

#### Odběry vzorků plynů do Odběrové „myši“ (vytěsňováním oleje, vody)

Metoda je spolehlivá pouze tam, kde vzorek plynu má atmosférický nebo vyšší tlak. Plynová vzorkovnice o objemu 10 až 100ml je ze skla nebo plastu protože obsluha může vidět, kolik oleje v ní zůstává během odběru plynů. Vzorkovnice je připojena k odběrovému ventilu oleji vzdornými hadicemi a k uzavírání opatřena šroubovými tlačkami. Je vhodné používat plynové vzorkovnice co nejmenší, aby po odběru plynu zůstalo ve vzorkovnici co nejméně oleje a nedocházelo k rozpouštění plynů v oleji. (Obrázek 1.8)



Obrázek 1.8 odběrové nádoby tzv. „myši“

#### Odběr do vaku:

Odběr do vaku se provádí pumpou o malém průtoku řádově desítky až stovky ml/min. Tedlarové vaky se vyrábí v objemech 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 5, ..... až 120 l. Další méně používané vaky jsou vyráběné z teflonu FEP a jiných inertních materiálů. (Obrázek 1.9)



Obrázek 1.9 odběrový vak

### 1.1.4 Odběry sypkých hmot [1]

#### Quick-Picker

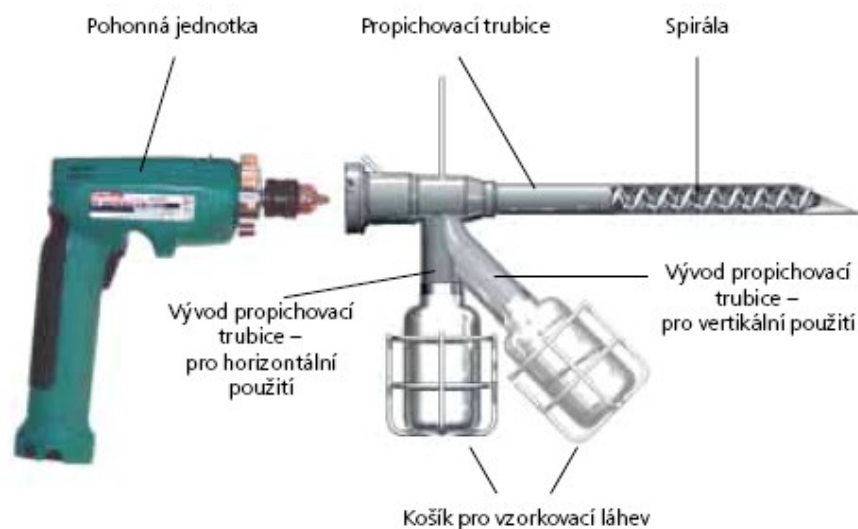
Je vhodný speciálně pro případ, když se sypké materiály odebírají přímo ze sáčků, pytlů nebo otevřených nádob a nejkratší možnou cestou se dostávají do originální lahvičky na vzorek. Jednoduché použití a čištění. Nemá zářezy a hrany, a proto v něm nezůstávají zbytky vzorků, které by mohly zkreslit pozdější výsledky. Quick-Picker se dodává kompletně se dvěma lahvičkami na vzorky a s čistícím kartáčem. (Obrázek 1.10)



Obrázek 1.10 Quick-Picker pro odběr sypkých hmot

#### PowderProof®

Při odběru vzorku se propichovací trubice zasune do pytle/obalu za pohybu spirály. Vzorek se okamžitě dopraví trubicí do láhve na vzorek. Přebytečná část vzorku v trubicí se dostává spuštěním zpětného chodu spirály zpět do původního obalu. (Obrázek 1.11)



Obrázek 1.11 poloautomatický vzorkovač PowderProof

---

## 2. Norma ATEX

V oblasti ochrany před výbuchem platí jednotná evropská legislativa, která má dvě základní úrovně. Vrcholovou úrovní, která je platná pro všechny členské státy Evropské unie, je tzv. direktiva ATEX (z francouzského Atmosphère Explosif - výbušná atmosféra).

### 2.1 Legislativa v oblasti ochrany před výbuchem [3]

Direktiva ATEX obsahuje dvě evropské směrnice, označené **94/9/EC - ATEX 100** (nebo ATEX 100a) a **99/92/EC - ATEX 137**. Každý členský stát přijal tyto direktivy do svého právního řádu na úrovni zákona a mohl jejich dopady zpřísnit (nesměl je však zmírnit). V České republice jsou direktivy přijaty jako nařízení vlády (ATEX 100 jako NV 23/2003 Sb. a ATEX 137 jako NV 406/2004 Sb.). Obě česká nařízení vlády jsou přesnými překlady originálů, v ČR tedy neplatí přísnější pravidla než v jiných státech.

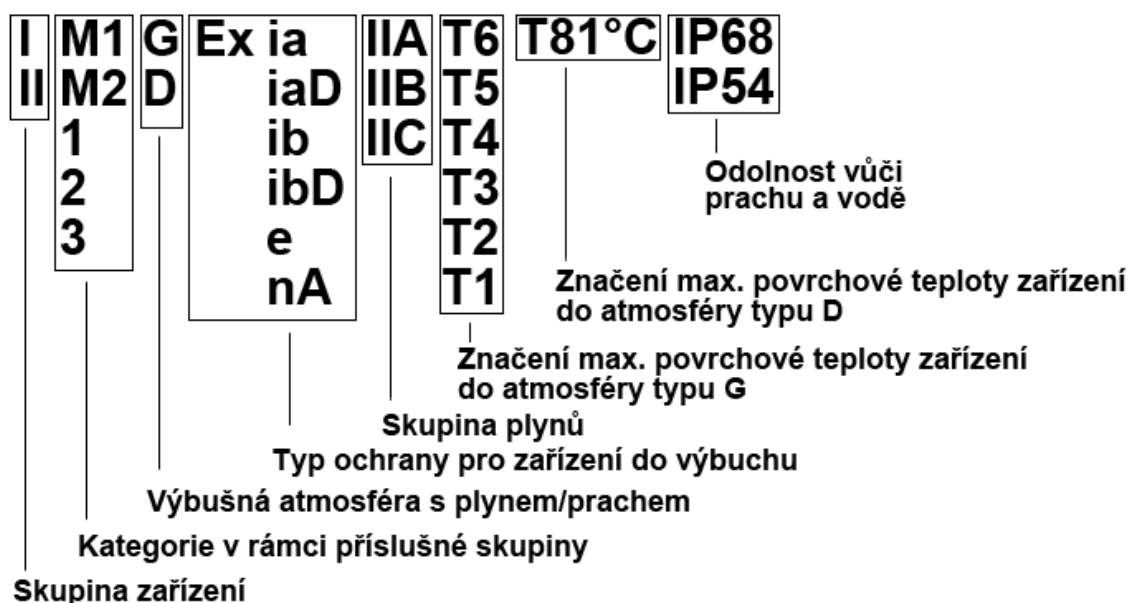
#### **Nařízení vlády 23/2003 Sb. - ATEX 100**

Cílem tohoto nařízení vlády je zajistit shodnou minimální úroveň bezpečnosti výrobků určených do prostředí s nebezpečím výbuchu. Definuje proto povinnosti pro výrobce a dodavatele zařízení, ti musí zajistit odpovídající procedury pro uvedení výrobku na trh a vydání správného ES Prohlášení o shodě, musí zajistit odpovídající značení výrobku a zajištění všech jeho náležitostí.

#### **Nařízení vlády 406/2004 Sb. - ATEX 137**

Cílem nařízení vlády 406/2004 Sb. je zajistit shodnou minimální úroveň bezpečnosti práce ve všech členských státech EU. Za tímto účelem definuje povinnosti pro zaměstnavatele, ti musí zajistit určitou úroveň bezpečnosti pro zaměstnance. Výstupem je vypracování Dokumentace o ochraně před výbuchem, její udržování v aktuální podobě a zejména realizace opatření z této dokumentace plynoucí (realizace zabezpečení proti výbuchu tam, kde je to nutné).

## 2.2 Značení zařízení do výbušného prostředí a jeho popis[4]



Obrázek 2.1 popis značení zařízení

### Skupiny zařízení:

Směrnice rozděluje zařízení do dvou skupin. Skupina zařízení I zahrnuje zařízení určená pro použití v podzemních částech dolů a v částech instalací na povrchu dolů, které mohou být ohroženy důlním plynem a/nebo hořlavým prachem. Skupina zařízení II zahrnuje zařízení určená pro použití v ostatních místech, která mohou být ohrožena výbušnou atmosférou tvořenou směsí vzduchu s plyny či prachem. Tyto skupiny jsou dále rozděleny do kategorií.

### Kategorie v rámci příslušné skupiny:

- **Skupina zařízení I určená pro doly se dále dělí na kategorie M1 a M2**

U výrobků Kategorie **M1** se vyžaduje, aby zůstaly funkční z bezpečnostních důvodů v přítomnosti výbušné atmosféry a vyznačují se komplexními prostředky ochrany proti výbuchu

U výrobků Kategorie **M2** se počítá s tím, že budou v případě vzniku výbušné atmosféry vypnuty. Přesto se však předpokládá, že výbušná atmosféra může během provozu zařízení kategorie M2 vzniknout. Proto ochranná opatření pro výrobky této kategorie zajišťují dostatečnou úroveň ochrany při normálním provozu

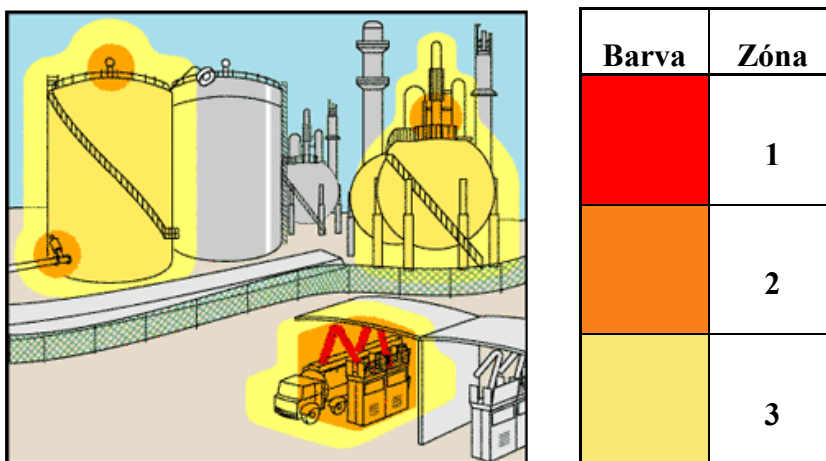
### Skupina zařízení II určená pro ostatní prostředí se dále dělí na kategorie 1, 2 a 3

kategorie	zóna		popis
	G*	D**	
1	1	-	Výbušná atmosféra bude přítomná trvale
	-	20	
2	2	-	Výbušná atmosféra bude přítomna nějakou dobu
	-	21	
3	3	-	Výbušná atmosféra může být přítomna
	-	22	

\*G plynné prostředí (gas), \*\*D prašné prostředí (dust)

Tabulka 2.1 rozdělení do zón výskytu výbušného prostředí skupiny II

- Příklad zón výbuchu (Obrázek 2.2)



Obrázek 2.2 zóny výbuchu

**Typ ochrany pro zařízení:**

Zkratka	popis	norma	vhodná zóna
Ex ia	ochrana jiskrovou bezpečností pro atm. typu G	EN 60079-11	0, 1 a 2
Ex iaD	ochrana jiskrovou bezpečností pro atm. typu D	EN 61241-11	20, 21 a 22
Ex ib	ochrana jiskrovou bezpečností pro atm. typu G	EN 60079-11	1 a 2
Ex ibD	ochrana jiskrovou bezpečností pro atm. typu D	EN 61241-11	21 a 22
EX e	zajištěné provedení pro atmosféru typu G	EN 60079-7	1 a 2
EX nA	ochrana typu n pro atmosféru typu G	EN 60079-15	2

Tabulka 2.2 typy ochrany pro zařízení

**Značení max. povrchové teploty pro zařízení certifikovaná do atmosféry typu G:**

**T6** - maximální povrchová teplota zařízení 85°C

**T5** - maximální povrchová teplota zařízení 100°C

**T4** - maximální povrchová teplota zařízení 135°C

**T3** - maximální povrchová teplota zařízení 200°C

**T2** - maximální povrchová teplota zařízení 300°C

**T1** - maximální povrchová teplota zařízení 450°C

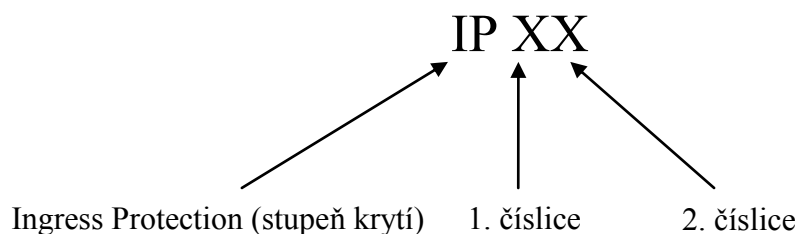
### Skupiny plynů a jejich teplotní třída:

Skupina		plyn	T vznícení	Teplotní třída					
				T1	T2	T3	T4	T5	T6
I		metan							
II	A	aceton	540 °C						
		kyselina octová	485 °C						
		čpavek	630 °C						
		etan	515 °C						
		methylenchlorid	556 °C						
		methan	595 °C						
		oxid uhličitý	605 °C						
		propan	470 °C						
		butan	365 °C						
	B	butyl	370 °C						
		hexan	240 °C						
		acetaldehyd	140 °C						
		diethylether	170 °C						
		nitroethan	90 °C						
		ethylen	425 °C						
	C	ether	434 °C						
		sirovodík	270 °C						
		acetylen	305 °C						
		sirouhlík	102 °C						
		vodík	560 °C						

Tabulka 2.3 skupiny plynů a jejich teplotní třída

**Značení max. povrchové teploty pro zařízení certifikovaná do atmosféry typu D:**

**81°C** - maximální povrchová teplota zařízení 81°C, vždy je udána konkrétní hodnota.

**Odolnost vůči vodě a prachu pro zařízení certifikovaná do atmosféry typu D:**

- **První číslice:** Stupeň ochrany před dotykem nebezpečných částí a před vniknutím cizích pevných těles.
- **Druhá číslice:** Stupeň ochrany proti vniknutí vody a vlhkosti






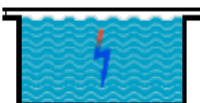


**Tabulka popisující odolnost IP krytí:**

První číslice	popis	Druhá číslice	popis
IP 0X	Nechráněno	IP X0	Nechráněno
IP 1X	těleso o průměru 50mm a větší	IP X1	Svisle kapající
IP 2X	těleso o průměru 12,5mm a větší	IP X2	Kapající ve sklonu 15°
IP 3X	těleso o průměru 2,5mm a větší	IP X3	Kropení, déšť
IP 4X	těleso o průměru 1mm a větší	IP X4	Stříkající
IP 5X	chráněno před prachem	IP X5	Tryskající
IP 6X	prachotěsné	IP X6	Intenzivně tryskající.
		IP X7	Dočasné ponoření
		IP X8	Trvalé ponoření

*Tabulka 2.4 popisující odolnost IP krytí*

## 2.3 Typy ochrany proti vznícení

Jelikož ne všechny produkty jsou dostupné v provedení splňujícím normu ATEX, existují další normované opatření a principy zabezpečení těchto prvků pro použití v prostředí s potenciálním výskytem výbušného prostředí. (Tabulka 2.5) [5]

Typy ochrany proti vznícení			
forma ochrany proti vznícení	názorný obrázek	základní princip	norma
General		Základní označení používané u testovaných nevýbušných el. zařízení.	EN 50014
Zajištěné provedení		Použití opatření, která zabrání nedovolenému zvýšení teploty a vzniku jisker nebo oblouku uvnitř.	EN 50 019
Pevný závěr		Při explozi výbušné směsi uvnitř závěru vydrží tlak výbuchu a zabrání přenesení výbuchu do okolní atm.	EN 50 018
Závěr s vnitřním přetlakem		Zabránění vnikání okolní atm. do el. zařízení pomocí ochranného plynu uvnitř závěru.	EN 50016
Jiskrová bezpečnost		Jiskrové bezpečný obvod nevytváří jiskry ani tepelné účinky, které by způsobily vznícení výbušné atm.	EN 50 020
Olejový závěr		El. zařízení nebo jeho část je ponořena v oleji.	EN 50 015
Pískový závěr		Závěr el. zařízení je zaplněn materiálem o jemném granulometrickém složení.	EN 50 017
Zalítí zalévací hmotou		Části schopné způsobit vznícení výbušné atmosféry jiskřením nebo teplotou, se uzavrou v zalévací hmotě.	EN 50 028

Tabulka 2.5 typy ochrany proti vznícení dle ATEX



## 2.4 Materiály vhodné do výbušného prostředí [6]

Materiály použité k výrobě zařízení nesmějí způsobit výbuch při předvídatelném provozním zatížení. V rozsahu provozních podmínek nesmí mezi použitým materiálem a složkami prostředí s nebezpečím výbuchu vznikat reakce, která by mohla narušit ochranu proti výbuchu. Materiály musí být voleny tak, aby předvídatelné změny jejich vlastností a jejich kompatibility s jinými materiály nevedly ke snížení poskytované ochrany, zejména musí být náležitá pozornost věnována korozním vlastnostem materiálů, odolnosti proti opotřebení, elektrické vodivosti, mechanické odolnosti, odolnosti proti stárnutí a účinkům změn teploty.

### Nejiskřící materiály / Non-Sparking:

Jako nejiskřící materiály se používají slitina beryliová měď a slitina hliníku a bronz. Dosažitelná tvrdost a pevnost nejiskřícího materiálu je významně menší než u oceli.

materiál	Slitina beryliová měď	Slitina hliníku a bronzu
tvrdost	35-40HRc (320-370 Brinell)	25-30HRc (250-291 Brinell)
pevnost v tahu	1250 N/mm <sup>2</sup>	800 N/mm <sup>2</sup>

Tabulka 2.6 vlastnosti materiálu

Zařízení vyrobené ze slitiny beryliové mědi může být používáné ve všech skupinách (I, IIA, IIB, IIC) při bezpečném postupu, vždy respektující maximální dovolenou povrchovou teplotu jen s výjimkou acetyleny, se kterým by měď mohla reagovat a vytvořit vysoce výbušné acetylenové plyny.

Zařízení vyrobené ze slitiny hliníku a bronzu může být používáné při bezpečném postupu, vždy respektující maximální povolenou povrchovou teplotu, jen s výjimkou skupiny IIC (vodík, vodíkový plyn, acetylen, disulfid uhlíku, dusičnan etylnatý).

### Antistatické plasty:

Jejich základem je použitý materiál, ten bývá antistaticky upravený polypropylen, polystyren, polykarbonát, polyetylen či polyester. Rezistence se většinou pohybuje na horní hranici elektrostatické vodivosti  $10^4 - 10^6$  Ohm. [7]

### Antistatické nátěry:

---

Dále je možné použít antistatické nátěry, které zabraňují nabití materiálu elektrostatickým nábojem. Nevýhodou těchto nátěrů je, že mají vyšší obsah grafitu a i po zaschnutí stále špiní.

Např.: ELECTROGUARD E30 je dvousložková antistatická disipativní nátěrová hmota na amino/epoxidovém základě. Hmota se snadno aplikuje a udržuje. Vytvrzený povrch má špičkovou chemickou odolnost. Může být snadno čištěn (i párou) a je vysoce odolný proti provoznímu opotřebení. Standardně se dodává ve třech barevných odstínech (světle šedý, zelený, červený). ELECTROGUARD E30 je primárně určen k nátěru podlah a zdí ve výbušném prostředí. [8]

### 3. Požadavkový list

Název	Hodnota	Popis
Zdroje energie		
Elektrická energie	24V DC	Elektrická energie ze zdroje MR (baterie)
Pneumatická energie		Vzdušník stlačeného vzduchu
Požadavky na prostředí		
ATEX	II 1GD	Použití mechanismu ve výbušném prostředí skupiny II kategorie 1GD
Požadavky na místo odběru		
Odběr vzorků	4 vzorky	Mechanismus musí odebrat 4 vzorky
Vyložení hadice	min. 300 mm	Vzorek musí být možno odebrat z hloubky min. 300 mm
Průchodnost	20 mm	Trubice musí být schopna projít otvorem 20 mm
Funkční požadavky		
Jednoduchost montáže	-	Možnost rychlé montáže a demontáže systému
Těsnost	-	Vzorek nesmí být ohrožen kontaminací
Údržba	-	Snadné čištění systému
Hmotnost	3,5 Kg	Subsystem nesmí překročit nosnost ramene MR
Požadavky na efektor		
Rozměry OM		Efektor musí být schopen uchopit předmět o daných rozměrech
Nosnost	Kg	Maximální hmotnost OM
Bezpečnost	-	Použití materiálu vhodných do výbušného prostředí

Tabulka 3.1 požadavkový list

## 4. Popis problematiky odběru tekutin

Hlavní řešený uzel odběru tekutin spočívá v návrhu mechanismu pro vysunutí a zasunutí hadičky  $\phi$  8mm o vzdálenosti minimálně 300 mm tato hadička bude vložena do nerezové trubice pro lepší držení tvaru a kontakt se zkoumanou kapalinou, každá hadička může odebrat pouze jeden vzorek kapaliny a poté musí být dekontaminovaná. Subsystem pro odběr tekutinových vzorků dovoluje odebrat čtyři vzorky kapalin a čtyři vzorky plynů na jeden výjezd MR, proto musí subsystem výsunu hadiček obsahovat čtyři samostatné hadičky. Hadička pro odběr plyných vzorků bude pevně umístěna na rameni MR bez možnosti výsunu, hadička po odběru plynného vzorku není kontaminovaná a proto stačí jedna hadička pro všechny čtyři odběry vzorky plynů.

## 5. Koncepce techniky odběru tekutin

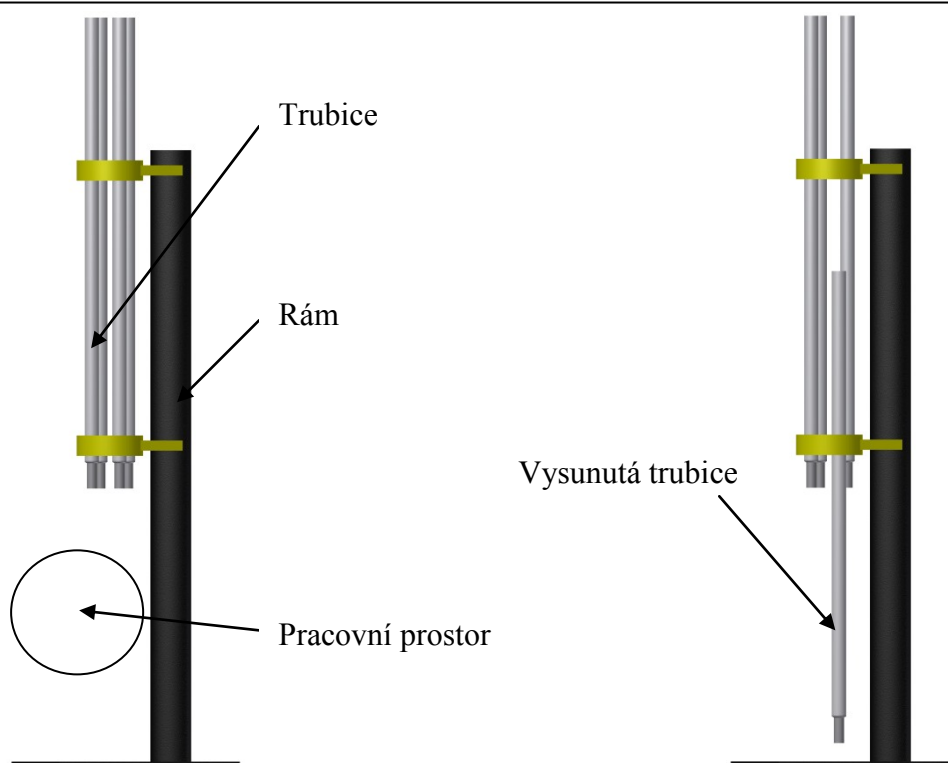
V koncepcích techniky odběru tekutin jsem se zaměřil na umístění prostoru, kde a jakým způsobem bude odběr vzorků probíhat, není zde však řešen mechanismus výsunu.

### 5.1 Varianta se stacionárním místem odběru

Tato varianta se vyznačuje umístěním subsystemu pro odběr tekutin na rámu MR kdy efektor uchopí zkoumanou nádobu a pomocí ramene ji naorientuje do prostoru odběru, kde proběhne samostatný odběr vzorku. (Obrázek 5.1)

#### Výhody / Nevýhody:

- + Rameno MR není zatíženo dalším subsystemem
- + Jednoduchost konstrukce
- Nemožnost odebírat tekutiny z prostorů např.: louží, barelů, vodních ploch...



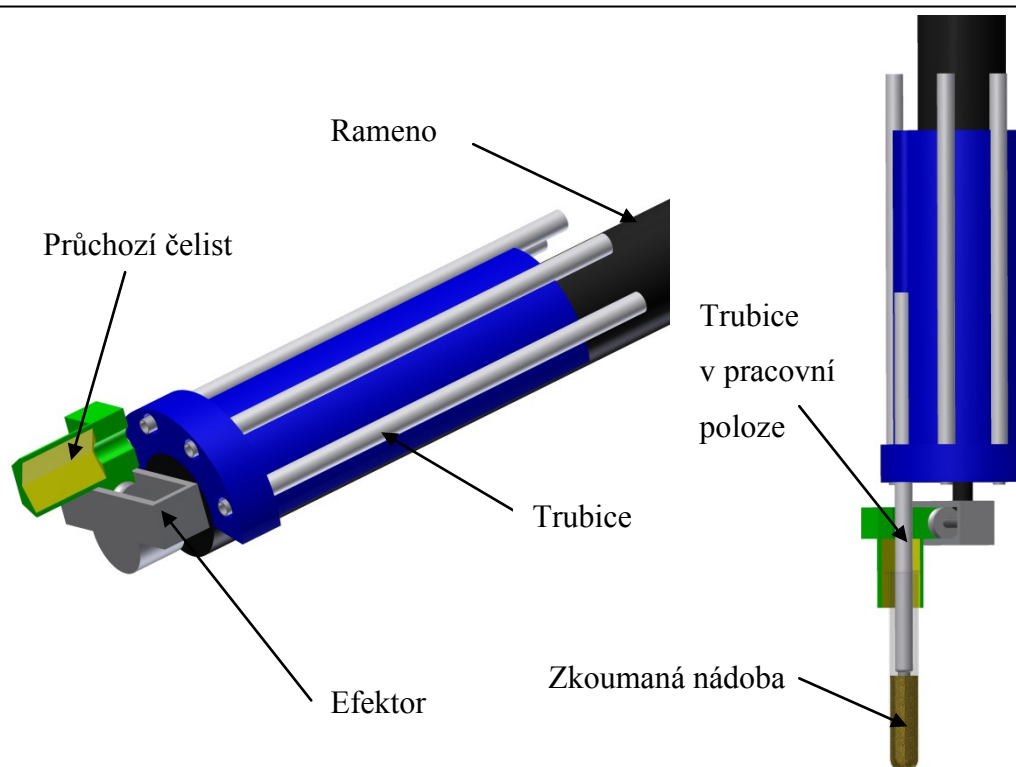
Obrázek 5.1 varianta se stacionárním místem odběru

## 5.2 Varianta s efektoem s průchozími čelistmi

Tato varianta se skládá z efektoru, který má čelisti posunuté mimo osu ramene a zároveň jsou čelisti konstrukčně upraveny tak že jimi může po sevření projít trubice. Pomocí efektoru se uchopí zkoumaná nádoba, která se pak naorientuje pod danou trubicí. (Obrázek 5.2)

### Výhody / Nevýhody:

- + Mechanismus dovoluje odebrat vzorek rovnou z prostoru efektoru
- Efektor má jen jeden stupeň volnosti (otáčení kolem osy ramene) a nemůže se sklápět  
výsledkem je nižší manipulovatelnost
- Horší uchopovací vlastnosti efektoru, objekt manipulace lze uchopit pouze shora



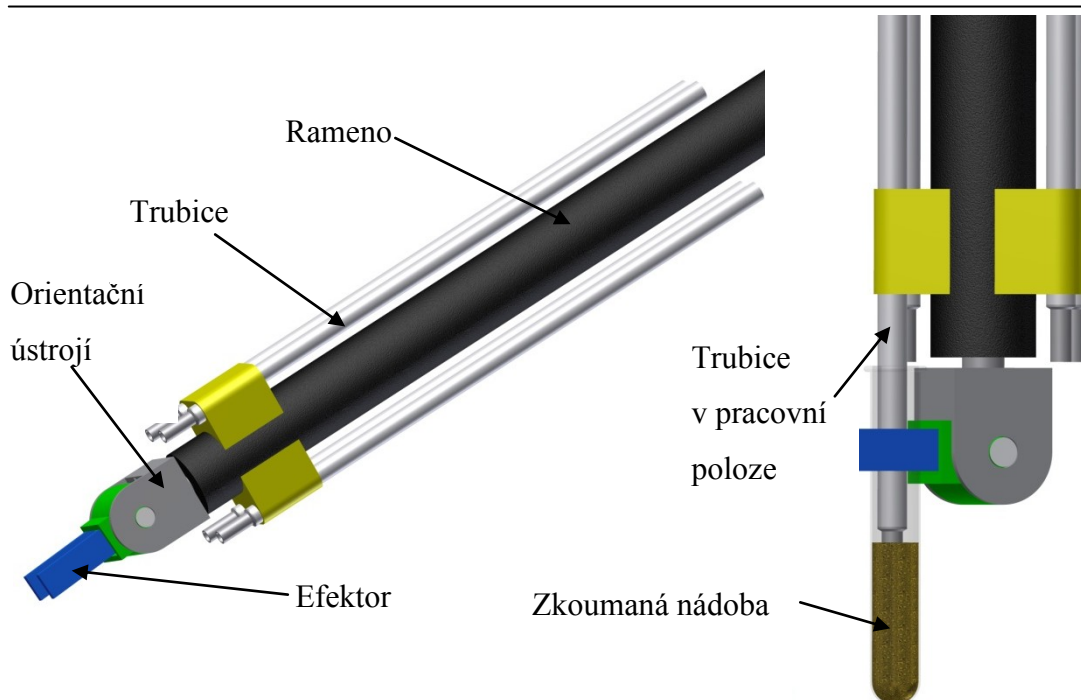
Obrázek 5.2 efektor s průchozími čelistmi

### 5.3 Varianta s orientačním ústrojím

Jako další variantu jsem navrhl použití efektoru s orientačním ústrojím, rameno MR získá další stupeň volnosti který je vhodný pro jednoduché uchopování objektu manipulace ale i zkoumaných nádob. Pomocí efektoru se uchopí zkoumaná nádoba a orientační ústrojí sklopí efektor kolmo k rameni MR a naorientuje se pod danou trubici, poté proběhne samotný odběr vzorku. (Obrázek 5.3)

#### Výhody / Nevýhody:

- + Mechanismus dovoluje odebrat vzorek rovnou z prostoru efektoru
- + Použití orientačního ústrojí přidá rameni další stupeň volnosti
- Složitá konstrukce, vyšší cena
- Složitější řízení (nutnost kompenzace pohybů)



Obrázek 5.3 varianta s orientačním ústrojím

#### 5.4 Výběr optimální varianty

Po konzultacích s vedoucím práce jsme se domluvili a zvolili jako nejvhodnější variantu, variantu s použitím orientačního ústrojí. U této varianty je velmi dobrá manipulovatelnost se zkoumaným vzorkem (OM) a lze odebírat vzorek z pracovního prostoru efektoru, ale také například z louží, vodních ploch, barelů, nádob, které si může obsluha robotu naklonit pro lepší odebrání vzorků atd.

### 6. Koncepce techniky výsunu trubic

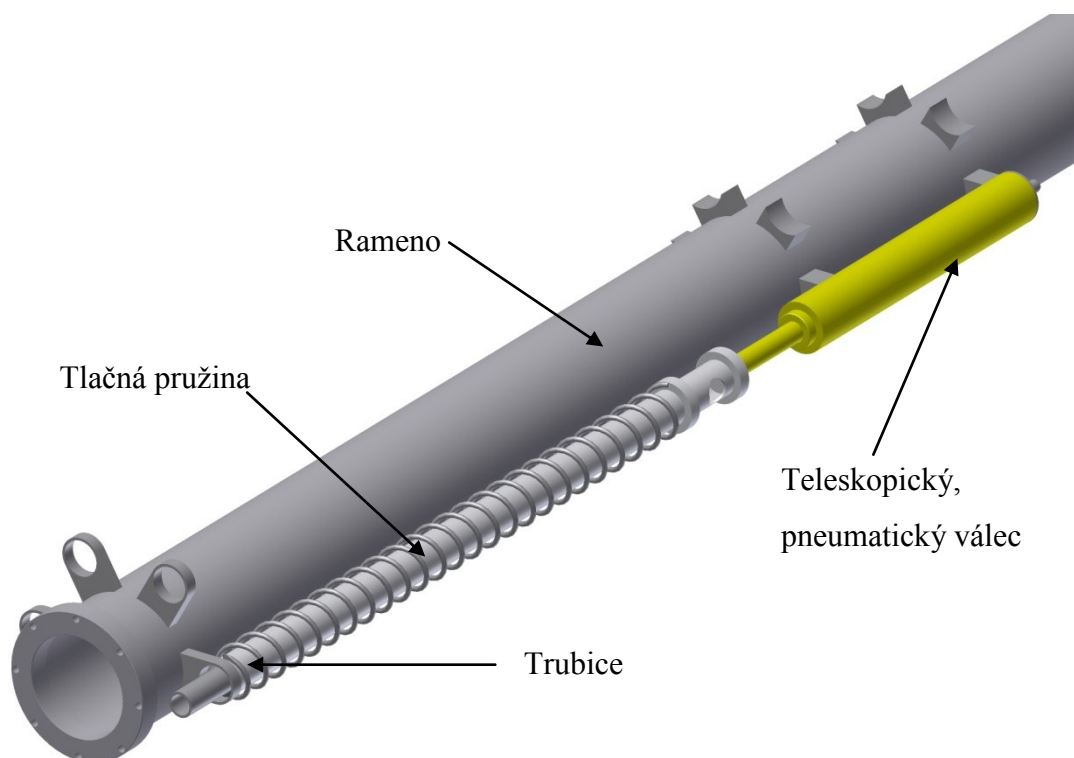
V této kapitole jsem se zabýval konstrukčním návrhem mechanismu pro vysunutí a zasunutí trubic, které nesou odběrové hadičky. Hlavní parametry pro návrh mechanismu byly: výsun min. 300 mm a splnění požadavků směrnice ATEX skupiny II 1GD.

## 6.1 Varianta s použitím teleskopického válce

U této varianty řešení jsem navrhl třídílný, teleskopický, pneumatický válec, který bude do původní polohy vrácen tlačnou pružinou (Obrázek 6.1), zdroj stlačeného vzduchu bude vzdušník na rámu MR.

### Výhody / Nevýhody:

- + K řízení válce stačí pouze jeden přívod stlačeného vzduchu
- + Malé rozměry
- Teleskopický válec by se musel nechat vyrobit na zakázku (vyšší cena)
- Pohon zatěžuje rameno MR a tím i snižuje nosnost



*Obrázek 6.1 varianta s teleskopickým, pneumatickým válcem*

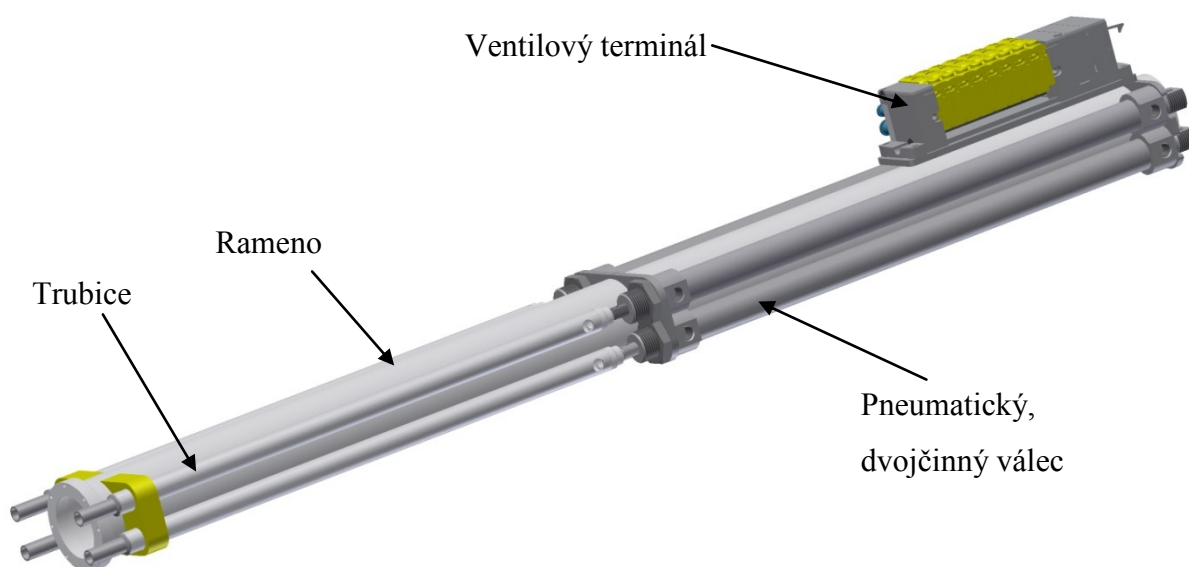


## 6.2 Varianta s použitím pneumatického, dvojčinného válce

V této variantě je použit pneumatický, dvojčinný válec firmy FESTO, celý mechanismus je řízen pomocí ventilového bloku, který je pro jednodušší přívod stlačeného vzduchu umístěn na rameni MR. (Obrázek 6.2)

### Výhody / Nevýhody:

- + Všechny komponenty mechanismu jsou dostupné ke koupi
- + Poměrně snadné řízení
- Rameno MR je zatíženo pohony a ventilovým terminálem
- Vysoký počet přívodu, dva k pohonu a jeden k trubici



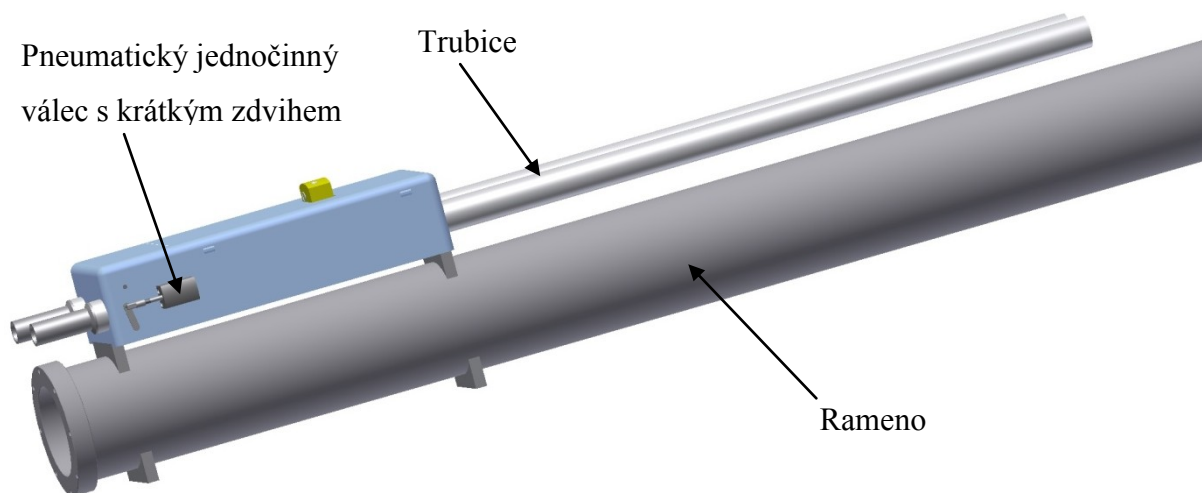
Obrázek 6.2 varianta s dvojčinným, pneumatickým válcem

### 6.3 Varianta s použitím pneumatického rotačního motoru

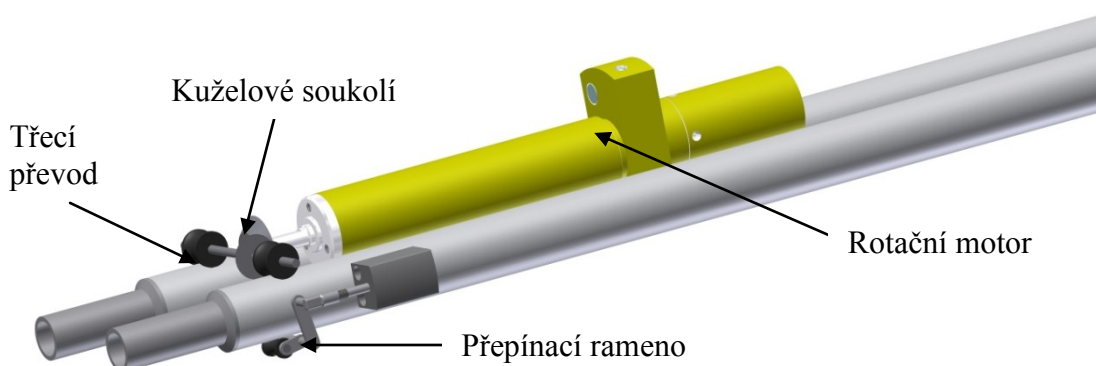
Tato varianta využívá pneumatického rotačního motoru [9] který přes kuželové soukolí pohání osu s pryžovými válci, které pak přes třecí převod mezi trubicí a pryžovým válcem vysunují trubice, zpětný chod trubice je proveden pomocí opačných otáček motoru. Dále je využit přepínací mechanismus (Obrázek 6.4) poháněný pneumatickým, jednočinným válcem s krátkým zdvihem, tak aby jeden motor mohl obsloužit dvě trubice.

#### Výhody / Nevýhody:

- + Možnost vysunutí trubice jakékoliv délky
- Cena jednoho pneumatického rotačního motoru cca 40 000,-



Obrázek 6.3 varianta s použitím pneumatického rotačního motoru



Obrázek 6.4 přepínací mechanismus

### **6.3.1 Použití rotačního elektro motoru**

U varianty s pneumatickým rotačním motorem by se mohl použít i elektro motor, ale protože jsem nenašel žádný vhodný elektro motor, který by splňoval směrnice ATEX, nezařadil jsem tuto možnost do variant řešení. Jediná možnost jak vyhovět směrnici by bylo uzavřít elektro motor do přetlakované nádoby, kde by pak vznikl problém udržet dostatečný přetlak.

#### Výhody / Nevýhody:

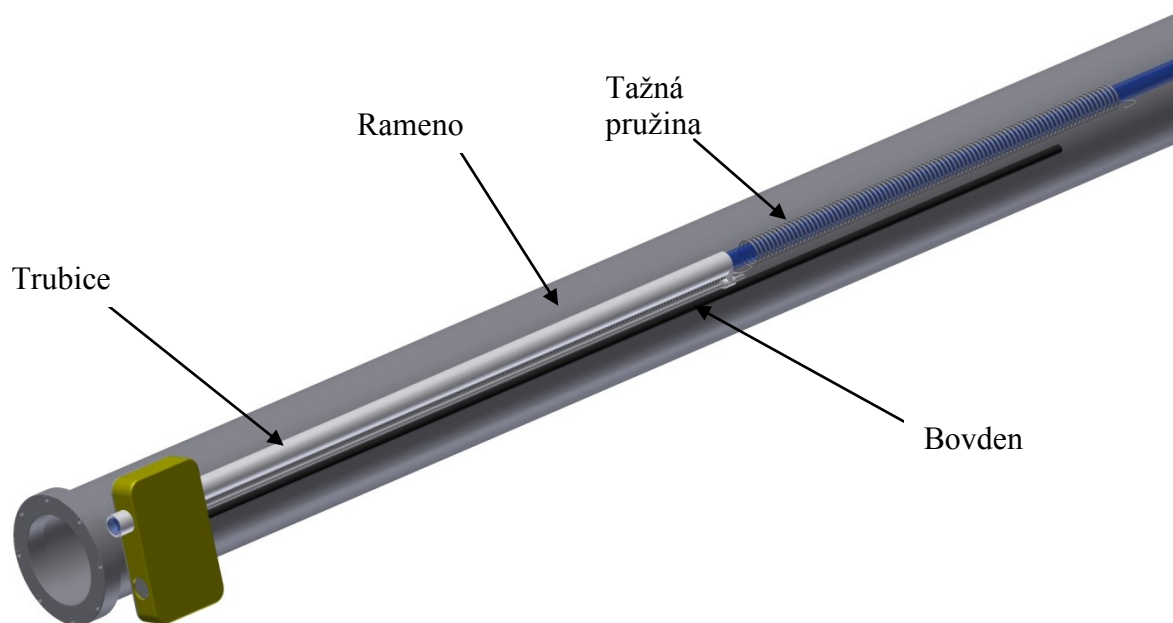
- + Možnost vysunutí trubice jakékoliv délky
- + Výborné řízení výsunu
- Velmi obtížné utěsnění

### **6.4 Varianta s použitím mechanismu bovdeny a ocelového lanka**

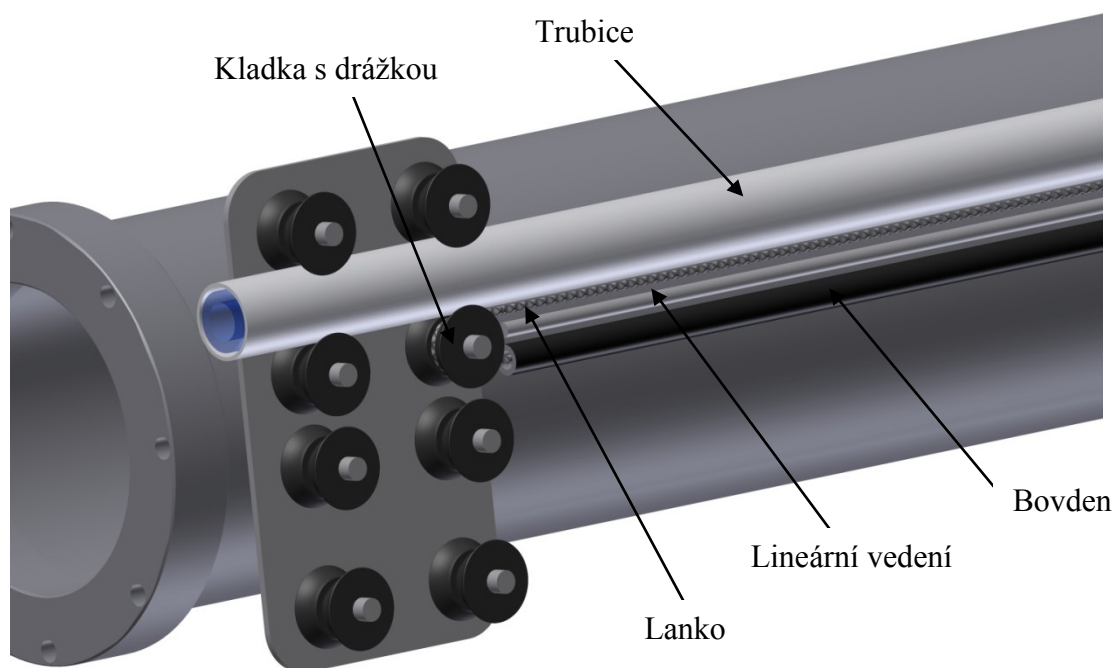
Tato varianta využívá mechanismu bovdeny a lanka, při vytažení lanka z bovdeny se přes kladku (Obrázek 6.6) změní délka lanka a tím se vysune trubice, po opětovném prodloužení lanka se pomocí pružiny vrátí trubice do původní polohy. Dále je potřeba zajistit trubici pomocí lineárního vedení.

#### Výhody / Nevýhody:

- + Pohony mohou být umístěny mimo rameno
- + Jednoduchost mechanismu
- Horší řízení vysunutí
- Potencionální nebezpečí zamotání bovdeny a hadiček k rameni MR



*Obrázek 6.5 Varianta s použitím mechanismu bovdenu a ocelového lanka*



*Obrázek 6.6 detail vnitřního uspořádání kladek*

## 6.5 Výběr optimální varianty

K výběru optimální varianty byla použita hodnotová analýza, je to soubor metod, jehož smyslem je najít nejvhodnější variantu řešení, je založen na analýze a všestranném posouzení vztahů.

### *Hodnocená kritéria:*

Zde jsem vybral hlavní kritéria, které by měl subsystém splňovat.

Číslo kritéria	Kriterium	Popis kritéria
1	Hmotnost	celková hmotnost
2	Cena	celková cena mechanismu
3	Přípojky	celkový počet připojovacích prvků
4	Údržba	jednoduchost údržby a dekontaminace
5	ATEX	požadavky na zajištění směrnice ATEX

Tabulka 6.1 tabulka hodnocených kritérií

### *Kvalifikační stupnice:*

Tato stupnice popisuje vhodnost daného kritéria.

výborný	6
velmi dobrý	5
dobrý	4
použitelný	3
špatný	2
nepoužitelný	1

Tabulka 6.2 kvalifikační stupnice

**Přiřazení kvalifikačního stupně jednotlivým variantám:**

Zde jsem přiřadil kvalifikační stupně k hodnoceným kritériím jednotlivých variant

Kriterium	varianta 1 teleskopický válec	varianta 2 pneu. válec	varianta 3 rotační motor	varianta 4 bovden a lanko
K1 hmotnost	3	2	3	5
K2 cena	2	4	1	4
K3 přípojky	4	2	3	3
K4 údržba	5	5	5	5
K5 ATEX	3	6	3	6

Tabulka 6.3 bodové hodnocení navržených variant

**Metoda porovnávání páru:**

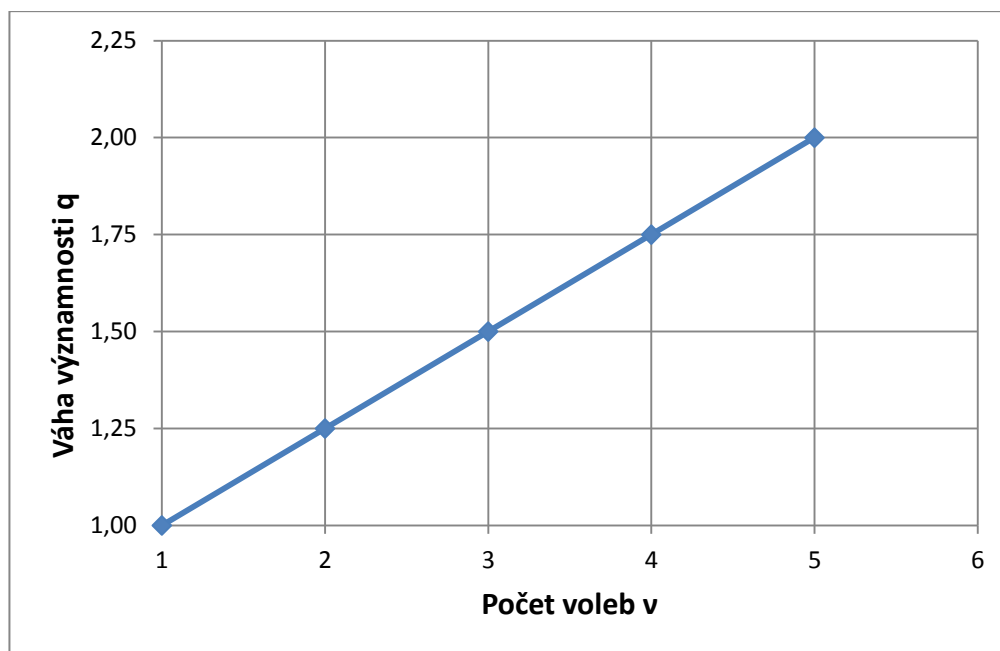
V této tabulce jsem porovnal významnost jednotlivých kritérií mezi sebou a podle grafu závislosti počtu voleb na váze významnosti (Graf 6.1) určil konečnou váhu významnosti u každého kritéria a jeho pořadí.

Porovnávané páry kritérií				Počet voleb v	pořadí	Váha významnosti q
<b>F1</b>	<b>F1</b>	<b>F1</b>	<b>F1</b>	3	2	1,50
<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>			
	<b>F2</b>	<b>F2</b>	<b>F2</b>	2	3	1,25
	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>			
		<b>F3</b>	<b>F3</b>	0	5	0
		<b>F4</b>	<b>F5</b>			
			<b>F4</b>	1	4	1
			<b>F5</b>			
			<b>F5</b>	4	1	1,75
			<b>F5</b>			

Tabulka 6.4 metoda porovnávání páru

**Graf závislosti počtu voleb na váze významnosti:**

Pro váhu významnosti  $q$  byla zvolena lineární závislost  $q=f(v)$   $q \in < 1; 2 >$



Graf 6.1 graf závislosti počtu voleb na váze významnosti

### Hodnocení variant:

V této části jsem mezi sebou vynásobil kvalifikační stupeň a váhu významnosti a zjistil jsem vážený index kritéria, součet těchto kritérií dává celkovou sumu vážených indexů.

Varianta 1 teleskopický válec				Varianta 2 pneu. dvojčinný válec			
Krit.	hod.	váha významnosti	vážený index kritéria	Krit.	hod.	váha významnosti	vážený index kritéria
K1	3	1,50	4,5	K1	2	1,50	3
K2	2	1,25	2,5	K2	4	1,25	5
K3	4	0	0	K3	2	0	0
K4	5	1	5	K4	5	1	5
K5	3	1,75	5,25	K5	6	1,75	10,5
Suma vážených indexů V1			17,25	Suma vážených indexů V2			23,5

Tabulka 6.5 hodnocení variant

Varianta 3 rotační motor				Varianta 4 bovden a lanko			
Krit.	hod.	váha významnosti	vážený index kriteria	Krit.	hod.	váha významnosti	vážený index kriteria
K1	3	1,50	4,5	K1	5	1,50	7,5
K2	1	1,25	1,25	K2	4	1,25	5
K3	3	0	0	K3	3	0	0
K4	5	1	5	K4	5	1	5
K5	3	1,75	10,5	K5	6	1,75	10,5
Suma vážených indexů V3			16	Suma vážených indexů V4			28

Tabulka 6.6 hodnocení variant

**Vítězná varianta:**

Porovnáním sum vážených indexů zjistíme vítěznou variantu.

Varianta	celkový počet bodů
varianta 1 teleskopický válec	17,25
varianta 2 dvojčinný válec	23,5
varianta 3 rotační motor	16
varianta 4 bovden a lanko	28

Tabulka 6.7 celkový počet bodů jednotlivých variant

Z hodnotové analýzy vyplývá, že varianta 4. bovden a lanko je neoptimálnější varianta řešení výsunu trubic. Tato varianta se v práci dále rozvíjí a konstrukčně řeší.

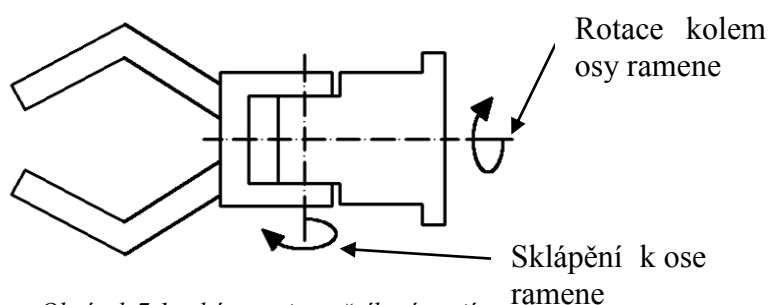


## 7. Konstrukční návrh optimální varianty

V této kapitole se dále zabývám spojením zvolené nejvhodnější varianty způsobu odběru vzorku, s použitím orientačního ústrojí a optimální varianty způsobu výsunu trubic pomocí bovdeny a lanka.

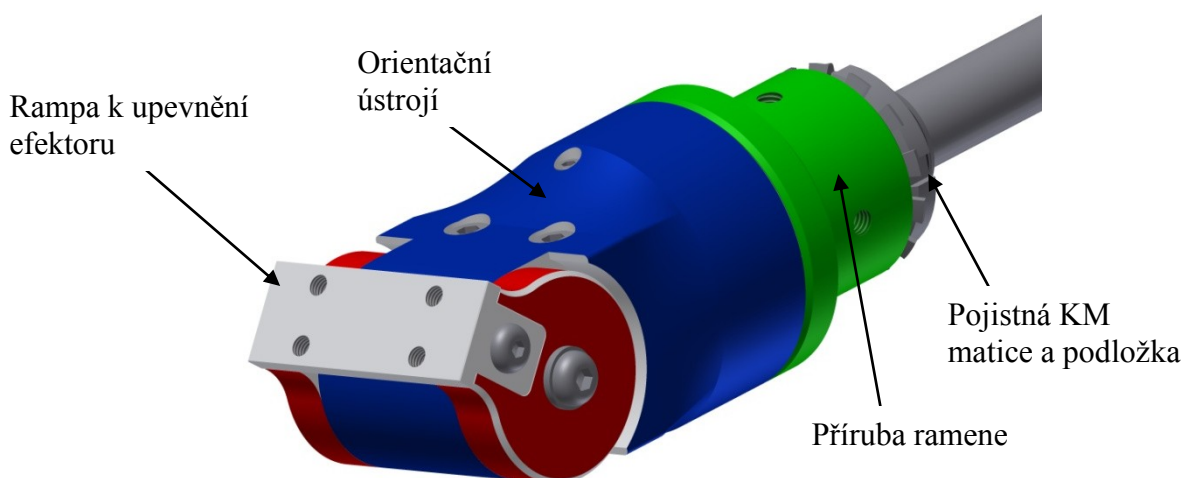
### 7.1 Konstrukční návrh orientačního ústrojí

Orientační ústrojí je navrženo se dvěma stupni volnosti, rotace v ose ramene a sklápění kolmo k ose ramene (Obrázek 7.1)



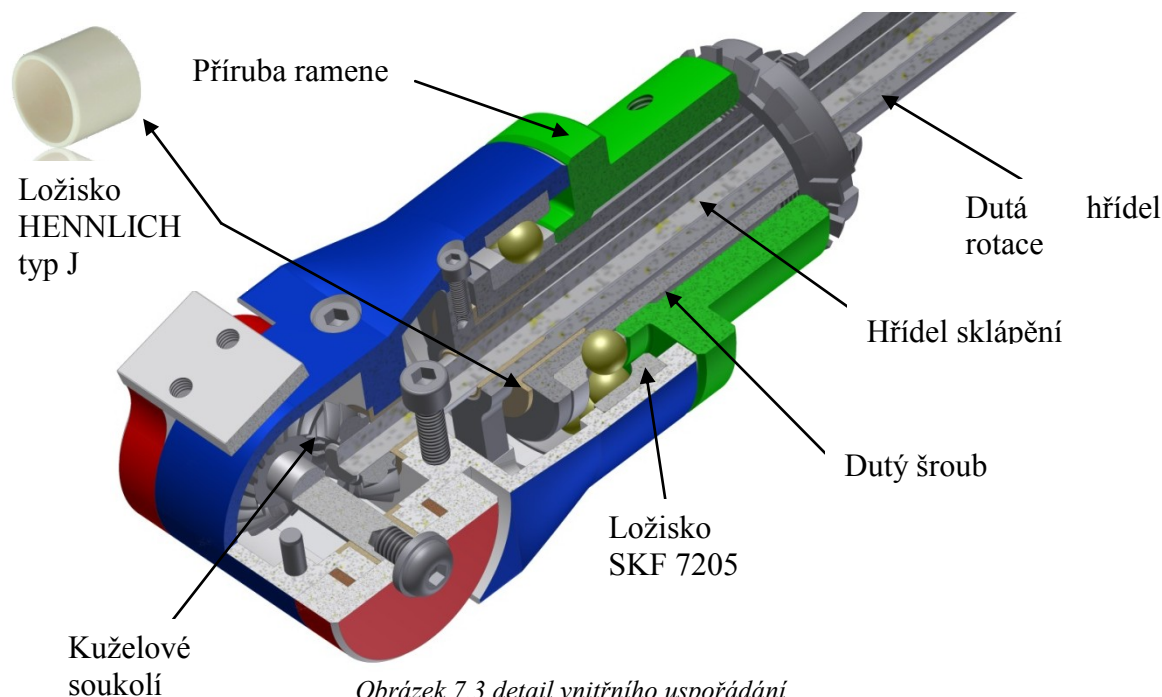
Obrázek 7.1 schéma orientačního ústrojí

Rotace kolem osy ramene je konstrukčně vyřešena tak, že dutá hřídel, která je vložena do dutého šroubu spojující orientační ústrojí s přírubou ramene (Obrázek 7.3), je pevně přichycena k orientačnímu ústrojí, takže pootočení výstupní hřídele z převodovky se přenesou 1:1 na pootočení orientačního ústrojí. Naklápění k ose ramene je vyřešeno pomocí kuželového soukolí se šikmými zuby, toto soukolí má převodový poměr 1,4. Hnací hřídel je vložena do duté hřídele rotačního pohybu a je uložena v kluzných ložiscích firmy HENNLICH [10]. U orientačního ústrojí jsem dále nedořešil návrh pohonů a jejich upevnění k rameni.



Obrázek 7.2 orientační ústrojí

Vnitřní konstrukční uspořádání můžeme vidět na (Obrázek 7.3)



Obrázek 7.3 detail vnitřního uspořádání

V orientačním ústroji jsou použity kluzná ložiska firmy HENNLICH iglidur<sup>®</sup> typ J [10], jeho hlavní vlastnosti jsou popsány v Tabulce 7.1, mezi hlavní výhody tohoto ložiska patří: nízké opotřebení hřídelů až do 5 MPa, nízký koeficient tření při běhu na sucho, tlumení chvění, dobrá chemická odolnost, nízká absorpce vlhkosti a pro vysoké rychlosti.

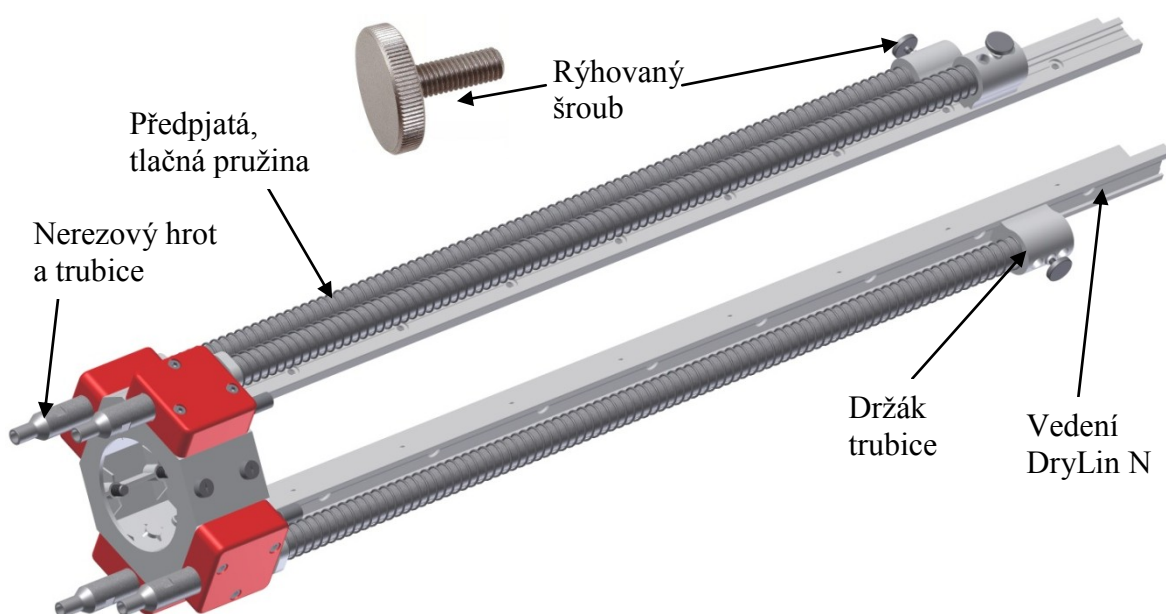
Základní vlastnosti:	Hodnota
hustota	1.49 g/cm <sup>3</sup>
barva	žlutá
max. absorpce vlhkosti při 23°C	0.3 % hmotnosti
max. absorpce vlhkosti	1.3 % hmotnosti
Mechanické vlastnosti:	
modul pružnosti	2400 MPa
mez pevnosti v tahu při 20 °C	73 MPa
max. statický povrchový tlak ( 20 °C )	35 MPa
tvrdost dle Shoreho	74
Fyzikální a tepelné vlastnosti:	
max. dlouhodobé působící teplota	90 °C
max. krátkodobě působící teplota	120 °C
max. krátkodobá teplota okolí 1)	140 °C
minimální teplota	-50 °C
Elektrické vlastnosti:	
specifická hodnota odporu	>10 <sup>13</sup> Ohm
povrchový odpor	>10 <sup>12</sup> Ohm

Tabulka 7.1 základní vlastnosti iglidur typ J

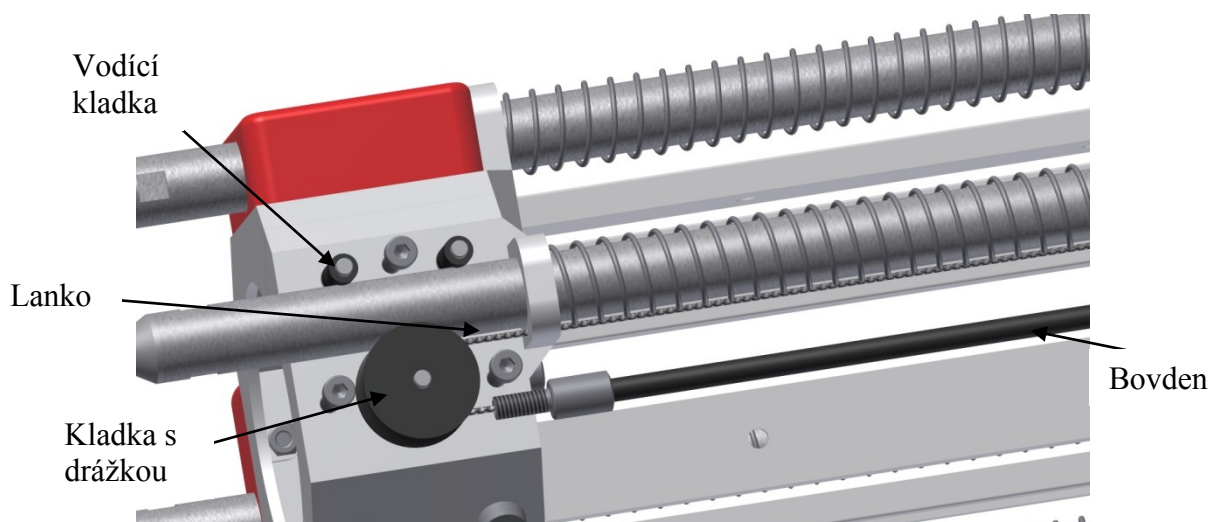
## 7.2 Konstrukční návrh výsunu trubice

Konstrukční návrh trubice vychází z optimální varianty a je zde použit mechanismus bovdenů a lanka k výsunu trubice (Obrázek 7.5), lanko, které je vloženo do bovdenů s neměnou délkou, je z jedné strany pomocí pohonu vytahováno, tato změna délky se projeví i na druhém konci bovdenů, kde je lanko vedeno přes kladku s drážkou až k držáku trubice, opětovné zasunutí trubice je provedeno pomocí tlačné, předpjaté pružiny. Po uvolnění pohonu trubice zpět natáhne lanko na druhý konec bovdenů a tím se zasune trubice.

Pro rychlou a snadnou demontáž trubice byl zvolen rýhovaný šroub DIN 653/A1, který upevňuje trubici v držáku trubice.



Obrázek 7.4 celkový pohled na subsystém výsunu trubice



Obrázek 7.5 detail vnitřního uspořádání kladek

### 7.2.1 Návrh materiálu

Materiál, ze kterého je navržen konstrukční návrh výsunu trubic je Polykarbonát (PC) (Tabulka 7.2) a technologie výroby je zvolena 3D tisk, Rapid Prototyping, tato technologie je pro tento konstrukční návrh velmi vhodná z důvodu poměrně nízkých nákladů na výrobu a možnosti zhotovit i velmi složitých tvarů, mezi nevýhody patří křehkost výrobku a vysoká hrubost povrchu. Po konzultacích s vedoucím práce byla stanovena minimální tloušťka stěny 3mm. Normalizované, spojovací součásti jsou navrženy z obyčejné konstrukční oceli a trubice s hrotem, součásti, které přijdou do kontaktu se zkoumanou tekutinou jsou navrženy z nerezové oceli 1.4541

Základní vlastnost	Hodnota
Hustota	1200 - 1220 kg/m <sup>3</sup>
Youngův modul (E)	2–2,4 GPa
Pevnost v tahu (σ <sub>t</sub> )	55–75 MPa
Tvrdost – Rockwellova stupnice	M70
Teplota tání	267 °C
Teplotní odolnost	do 138 °C

Tabulka 7.2 základní vlastnosti polykarbonátu [11]

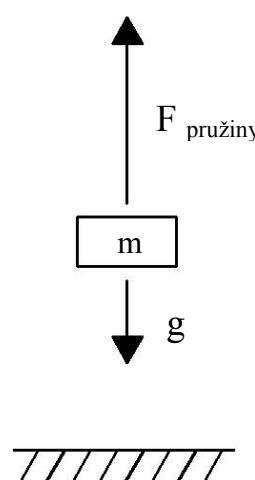
### 7.2.2 Návrh tlačné pružiny

V návrhu tlačné pružiny jsem vycházel z jednoduchého výpočtu, kdy síla vyvinutá pružinou musí být větší než součin hmotnosti všech komponent trubice a gravitačního zrychlení, tento vztah platí pro nejhorší možnou situaci, kdy je trubice zasouvána zpět v poloze kolmé k podložce (Obrázek 7.6)

$$F_{\text{pružiny}} \geq m \cdot g$$

$$F_{\text{pružiny}} \geq 0,192 \cdot 9,81$$

$$F_{\text{pružiny}} \geq 1,884 \text{ N}$$



Obrázek 7.6 schéma k výpočtu

Z výpočtu jsme zjistili, že minimální síla pružiny musí být 1,884 N, jelikož se v celém mechanismu objevují ztráty (např. tření mezi bovdenem a lankem, tření v kladce, tření ve vedení, ...) volil jsem minimální sílu pružiny 6N.

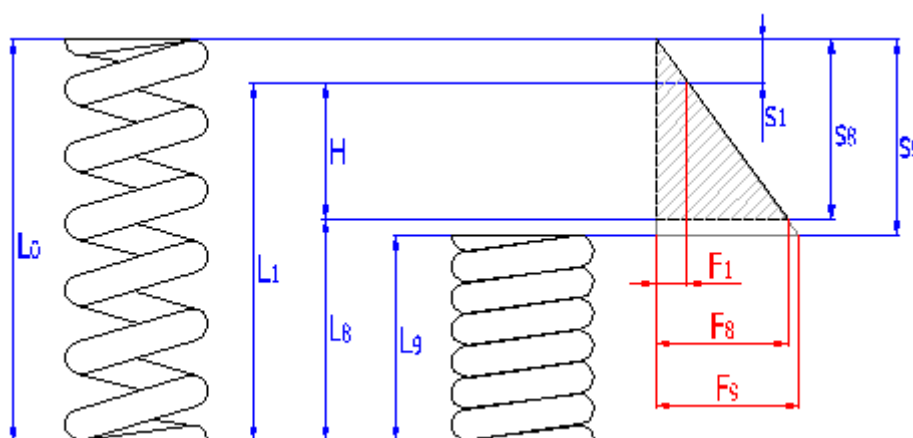
Dále jsem oslovil několik českých firem zabývajících se výrobou pružin, zda jsou schopni vyrobit pružinu, která bude mít požadované vlastnosti (Tabulka 7.3). Hodnota vnitřního průměru pružiny byla konzultována telefonicky s panem Ing. Tomášem Vlkem z firmy HENNLICH Industrietechnik, spol. s.r.o. a byla zvolena optimální vůle 0,3mm z každé strany pro vnější průměr trubice 12 mm.

Požadované vlastnosti	hodnota
vnitřní průměr D	12,6 mm
zdvih H	320 mm
min. Síla F1	6 N
max. Síla F8	do 20 N
minimalizovat délku	

Tabulka 7.3 tabulka požadovaných vlastností pružiny

Ozvalo se mi několik firem se svými návrhy a nakonec nejvhodnější varianta pružiny byla navržena firmou INVEL Plus spol. s.r.o., která navrhla pružinu 0,9x14,4x600x75. Rozměry pružiny a její pracovní diagram vidíme na Obrázku 7.7 a Tabulce 7.4

Cena této pružiny byla stanovena na 176,00 Kč + 20 % DPH / Ks a doba dodání 4 týdny od závazné objednávky.



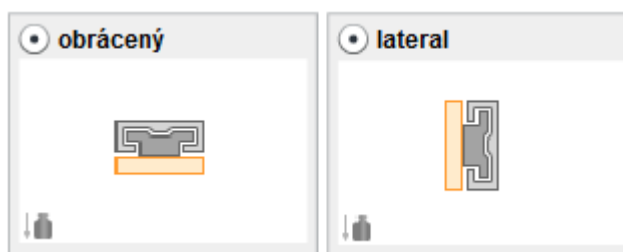
Obrázek 7.7 pracovní diagram tlačné pružiny

Požadované vlastnosti	hodnota
vnitřní průměr	12,6 mm
zdvih H	320 mm
min. Síla F1	6 N
max. Síla F8	16 N
max. délka L1	408 mm
min. délka L8	88 mm
délka pružiny bez zatížení L0	600 mm
počet závitů z	75
průměr drátu d	0,9 mm

Tabulka 7.4 tabulka vlastností navržené pružiny

### 7.2.3 Návrh vedení

Jako lineární vedení trubíc jsem zvolil lineární kluzný systém firmy HENNLICH typ DryLin® N17 se standardním vozíkem. Ke kontrolnímu výpočtu vedení mi posloužila webová aplikace drylin expert 2.0 [12] do této aplikace jsem zadal zatížení vedení v nejnejpříznivější poloze a to v poloze, kdy je vedení zatíženo tahovou silou od hmotnosti trubice a zatížení, kdy je vedení zavěšeno kolmo k podložce (Obrázek 7.8)



Obrázek 7.8 schéma zatížení vedení

Dále jsem zadal vzdálenosti působíště síly a základní parametry (Obrázek 7.9)

<b>Souřadnice bodu pohonu</b>		
ay	14	mm
az	-10	mm
<hr/>		
Silový účinek hmotnosti (F...	3	N
zrychlení (a)	0,2	m/s <sup>2</sup>
Uražená vzdálenost	3,2	km
Délka kolejnic	435	mm

Obrázek 7.9 základní parametry zatížení vedení

Silový účinek hmotnosti jsem předimenzoval pro vyšší bezpečnost na 3 N skutečné zatížení je však pouze 1,884N. Zrychlení bylo taky navýšeno na hodnotu  $0,2 \text{ m/s}^2$  ze skutečných  $0,1 \text{ m/s}^2$  ( uvažují, že trubice se vysune za 3s). Uražená vzdálenost je navržena na odběr minimálně 5000 vzorků, v aplikaci jsem však zjistil, že mezní uražená vzdálenost je 7687 km což odpovídá cca 12 milionům odběrů.

Výsledky ukázaly, že navržené lineární vedení je vhodné k použití vedení trubic. (Obrázek 7.10) Poslal jsem proto do firmy HENNLICH dotaz na cenu vedení při odběru 2 m kolejnic a 4 vozíku, konečná cena byla stanovena: kolejnice 1584,00 Kč a vozíky 452,00 Kč + cena za dělení 220,00 Kč

Vlastnost	Hodnota
Jízdní vlastnosti	OK
Nahrát	OK
Otěr	OK
Opotřebení ve směru y	0 mm
Opotřebení ve směru z	0 mm
max. povolená dlouhodobá rychlost	5 m/s
vyžadovaná minimální síla pohonu	1 N
povolená teplota při skladování	90 °C
Vypočítané max. zatížení ve směru y	3 N
Bezpečnostní faktor ve směru y	2,96
Vypočítané max. zatížení ve směru z	1 N
Bezpečnostní faktor ve směru z	9,45
Výška v těžišti (nový stav)	0,2 mm
Výška v těžišti (konec činnosti)	0,2 mm

Obrázek 7.10 výsledky návrhu lineárního vedení



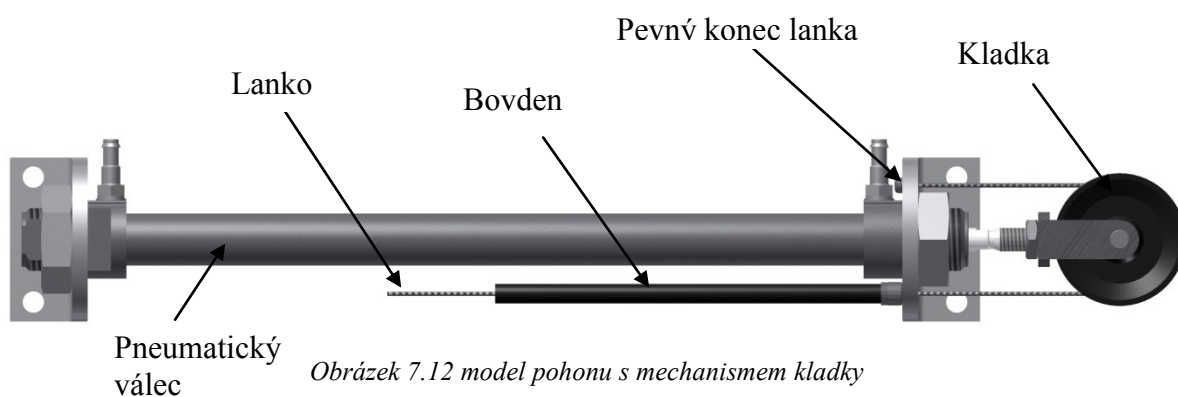
Obrázek 7.11 fotografie lineárního vedení DryLin N17



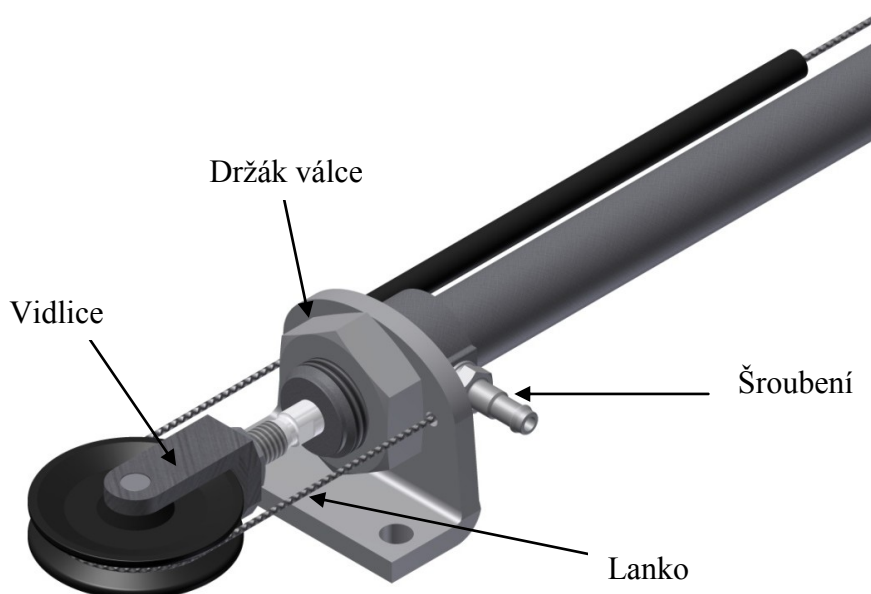
### 7.3 Návrh pohonu

Jako pohon byl zvolen dvojčinný pneumatický válec firmy FESTO řady DSNU tyto válce jsou certifikovány do potenciálně nebezpečného prostředí do kategorie II G/D. Další varianta řešení by byla použití elektro motoru s lanovým bubnem, ale tuto variantu jsem zavrhl, jelikož je velmi obtížné vyhovět směrnici ATEX kategorie II G/D z požadavkového listu.

Zdvih pohonu bylo zapotřebí uskutečnit v délce 320 mm, a jelikož takto dlouhé a zároveň úzké válce se nevyrábí, byl navržen mechanismus kladky, který provede na polovičním zdvihu válce (160 mm) celý výsuv trubice (320 mm). Základním principem je, že konec lanka je pevně ukotven k držáku válce a lanko je přes kladku vsunuto do bovdeny, když se poté vysune pístnice o vzdálenost  $L$  lanko se na druhém konci zkrátí o vzdálenost  $2L$ . (Obrázek 7.12) Tento mechanismus můžeme také vidět například u hydraulického výtahu, vysokozdvizných vozíků atd.



Obrázek 7.12 model pohonu s mechanismem kladky



Obrázek 7.13 detail pohonu



### 7.3.1 Kontrolní výpočet pohonu

#### Výpočet tlačné síly:

U pohonu jsem zkontroloval, zda vyvine dostatečnou tlačnou sílu k překonání síly pružiny při minimálním pracovním tlaku. Tlak vzduchu je odebírán ze vzdušníku o počátečním tlaku  $p_{vzd} = 7 \text{ Atm} = 0,7 \text{ MPa}$  a minimální pracovní tlak  $p_{min} = 4 \text{ Atm} = 0,4 \text{ MPa}$

Díky použití kladky musí píst vyvinout dvojnásobnou sílu než je síla proti pístu vyvolaná pružinou. Maximální síla pružiny je  $F_8 = 16 \text{ N}$  proto musí píst vyvolat minimální sílu  $32 \text{ N}$ . K výpočtu síly pístu jsem použil jednoduchý vzorec vycházející z Pascalova zákona tato síla je však snížena o cca 10% z důvodu tření v těsnění. Vypočtenou hodnotu jsem porovnal s materiály firmy FESTO. (Graf 7.1)

$$F = p \cdot S - R$$

Kde:

$$F_{min} = p_{min} \cdot S - R$$

F... efektivní síla pístu [N]

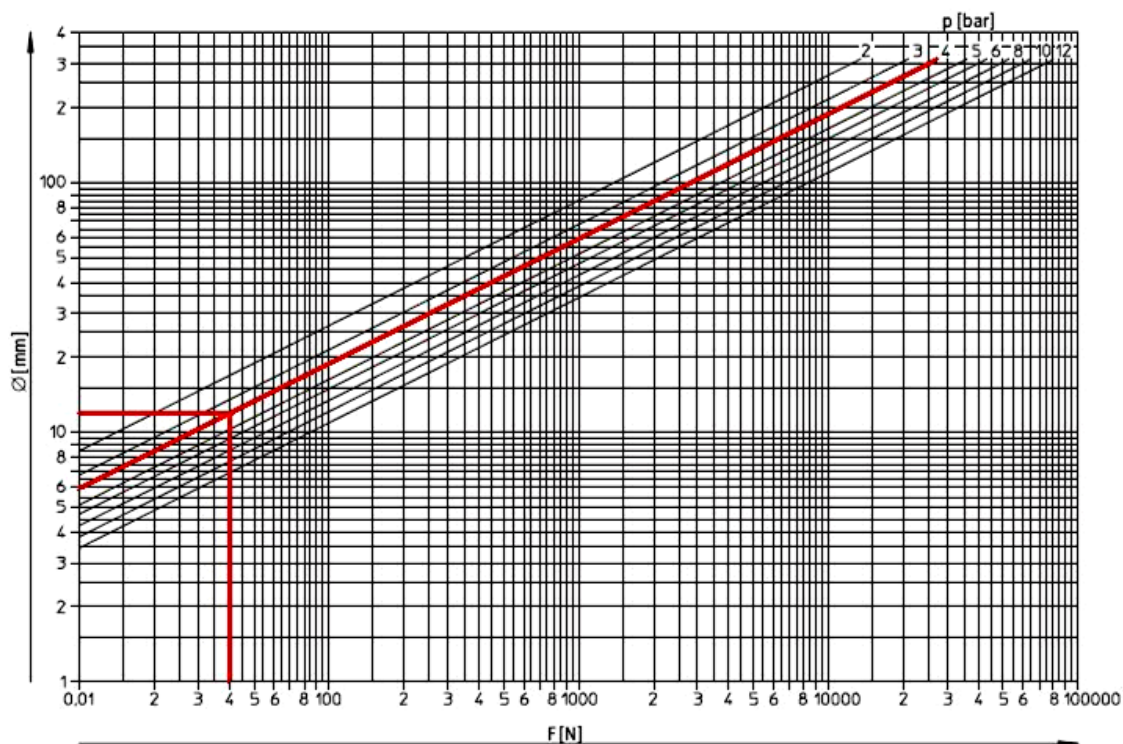
$$F_{min} = 0,4 \cdot 113,1 - 10\%$$

p... provozní tlak [MPa]

$$F_{min} = 40,7 \text{ N}$$

S... plocha pístu [ $\text{mm}^2$ ], píst pr. 12 mm

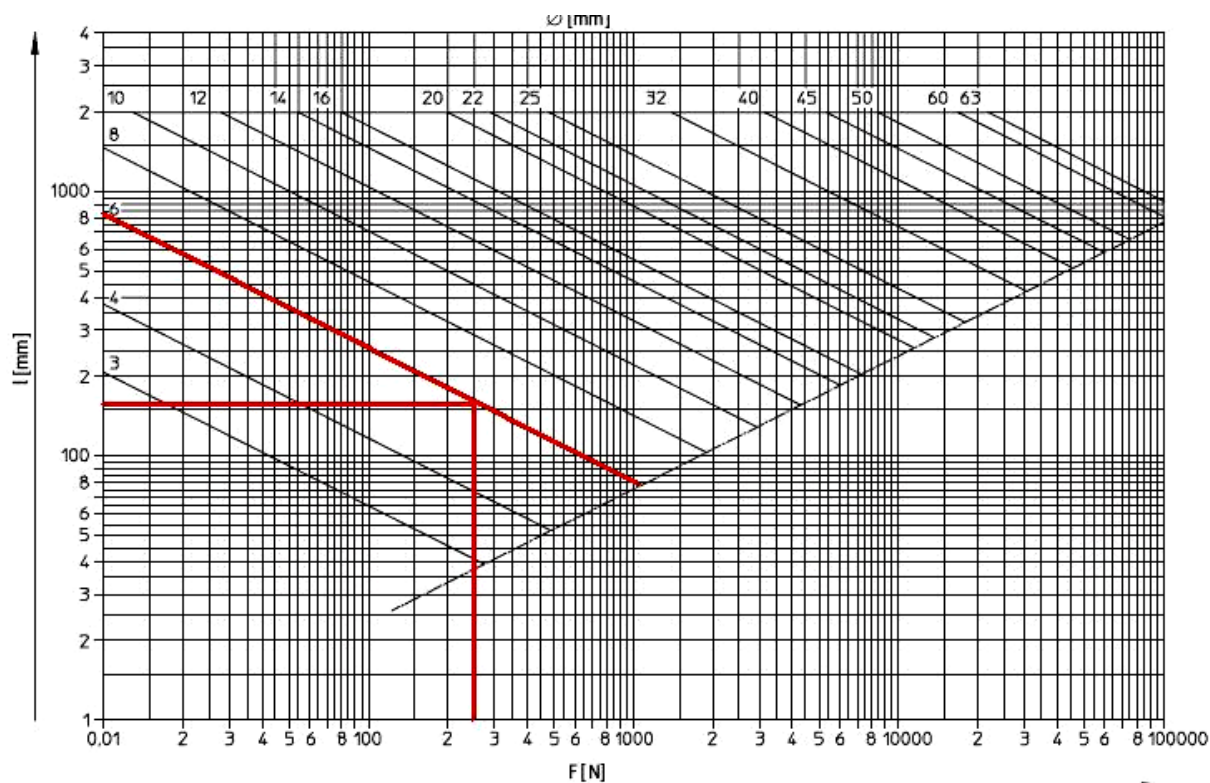
R... ztráty ve tření cca 10%



Graf 7.1 diagram provozní tlak p v závislosti na pr. pístu a síle F [13]

#### Kontrola pístnice na vzpěrné zatížení

Z diagramu (Graf 7.2) můžeme vyčíst že maximální zatížení pístnice při délce  $l = 160$  mm a průměru pístnice 5 mm je 250 N což vyhovuje našim potřebným 32 N



Graf 7.2 diagram pr. pístnice v závislosti na zdvihu  $l$  a síle  $F$  [13]

Jako pohon byl tedy konkrétně vybrán pneumatický, dvojčinný válec firmy FESTO typ DSNU-12-160-EX4, průměr pístu je 12 mm a zdvih 160 mm, cena tohoto válce byla stanovena při odběru 4 ks na 2 038,00 Kč / ks a šroubení 30,00 Kč / ks.

### 7.3.2 Návrh kladek

Z důvodu možného lámání lanka jsem našel normu ČSN 27 1820, která se zabývá návrhem kladek a bubnů. Proto jsem se dále při návrhu řídil touto normou.

#### ČSN 27 1820 – Zdvihací zařízení. Kladky a bubny pro ocelová lana.[14]

Hlavní výpočet spočívá v návrhu průměru kladky  $D$  (Obrázek 7.14)

$$D_k = d \cdot \alpha$$

Kde:

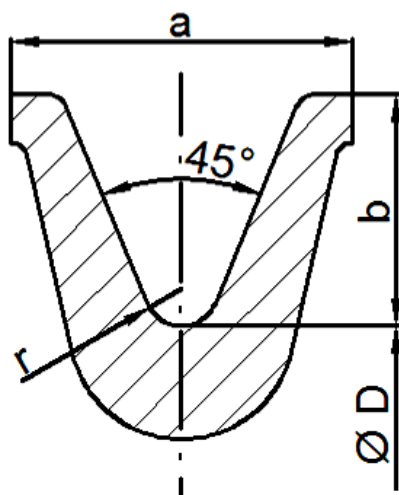
$$D_k = 1,1 \cdot 14$$

$d$ ... jmenovitý průměr lana 1,1 mm

$$D_k = 15,4 \text{ mm}$$

$\alpha$ ... součinitel závislý na druhu kladky a skupině jeřábu stanovený na základě pokusů a zkušeností z praxe (Tabulka 7.5)

typ kladky	Součinitel $\alpha$
kladka	14
vodící kladka	20
lanový buben	18

Tabulka 7.5 součinitelé  $\alpha$ 

Obrázek 7.14 schéma kladky

Rozměry kladky empiricky odvozené:

$$r = 0,53 - 0,56 d$$

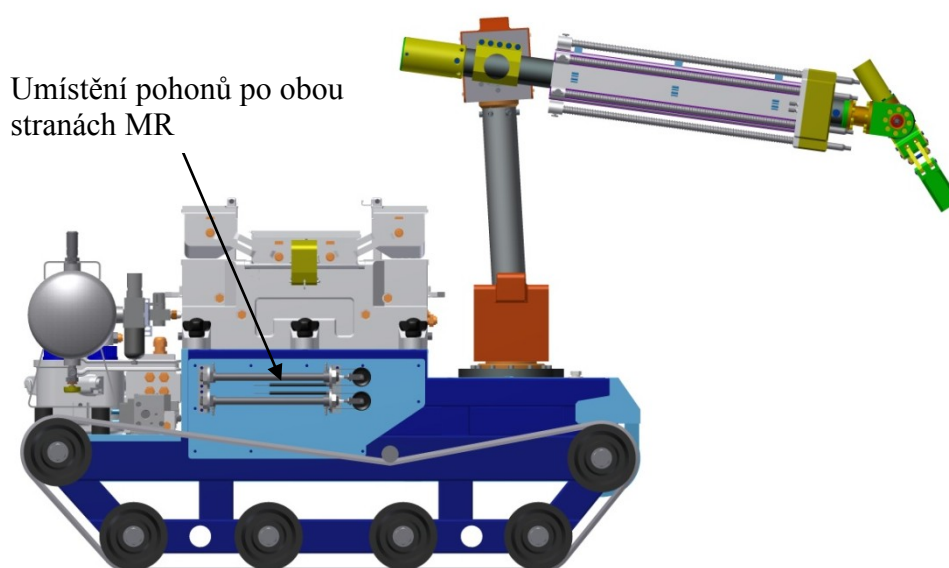
$$b = 3,5 - 5 r$$

$$\beta = 45^\circ$$

průměr kladky musí být min. 15,4 mm

### 7.3.3 Umístění motoru na podvozek MR

Jelikož je přenos síly z pohonu na reakční člen proveden pomocí bowdenu a lanka můžeme umístit pohony na rám MR (Obrázek 7.15) a tím snížit zatížení ramene.

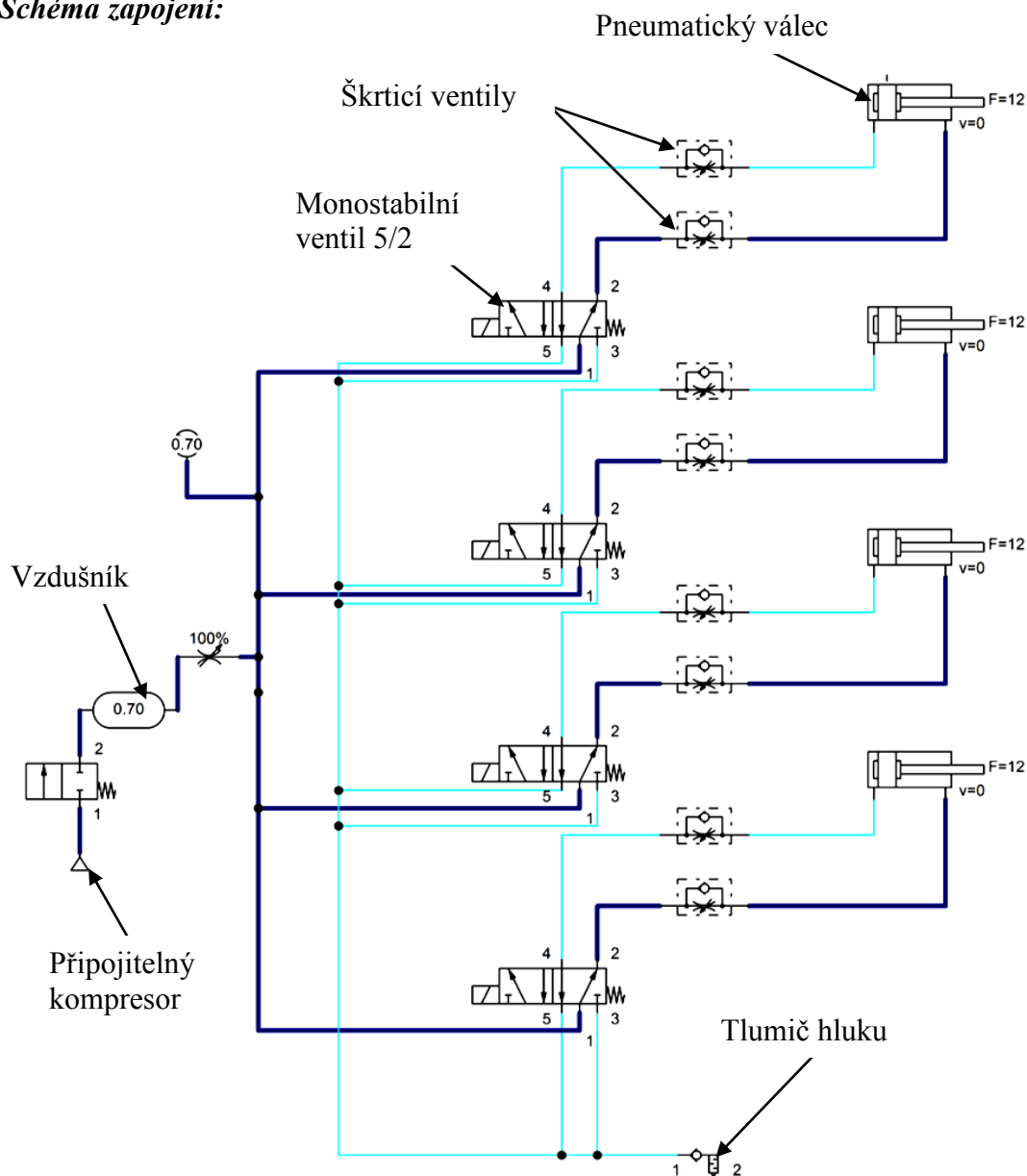


Obrázek 7.15 umístění pohonů

## 7.4 Návrh pneumatického bloku

Po konzultacích s vedoucím práce jsem navrhl pneumatický blok, který je tvořen dvojčinným pneumatickým válcem se škrcením na vývodu a použitím tlumiče hluku. Dále je použit ventilový terminál s elektromagneticky řízením pomocí elektromagnetické cívky s ochranou proti explozi kategorie II G / D. Celý pneumatický blok jsem navrhl a otestoval v programu FLUID SIM. Ve schématu (Obrázek 7.16) je zobrazen i připojitelný kompresor, kterým se tlakuje vzdušník, není součástí MR.

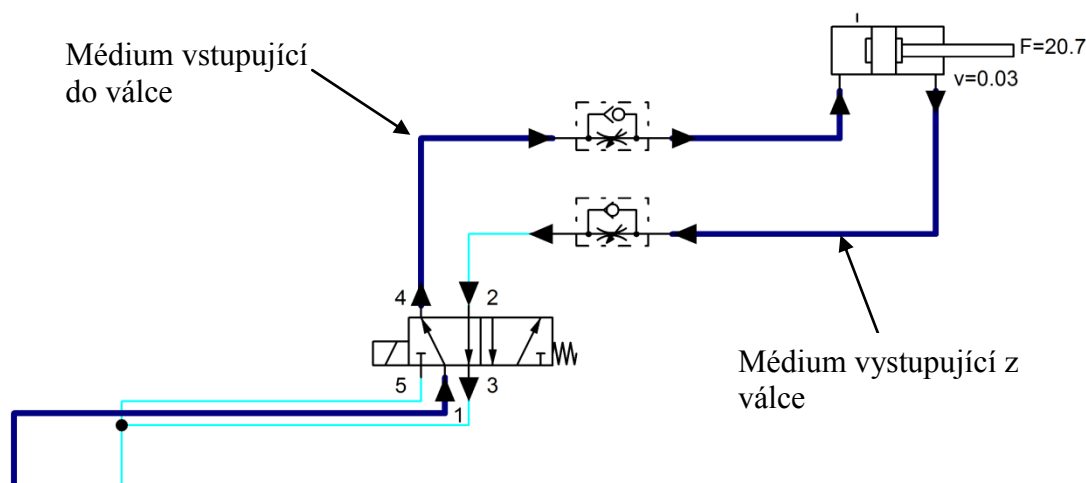
### Schéma zapojení:



Obrázek 7.16 schéma zapojení pneumatického bloku

Tmavé čáry jsou hadice pod tlakem ze vzdušníku a světlé o atmosférickém tlaku

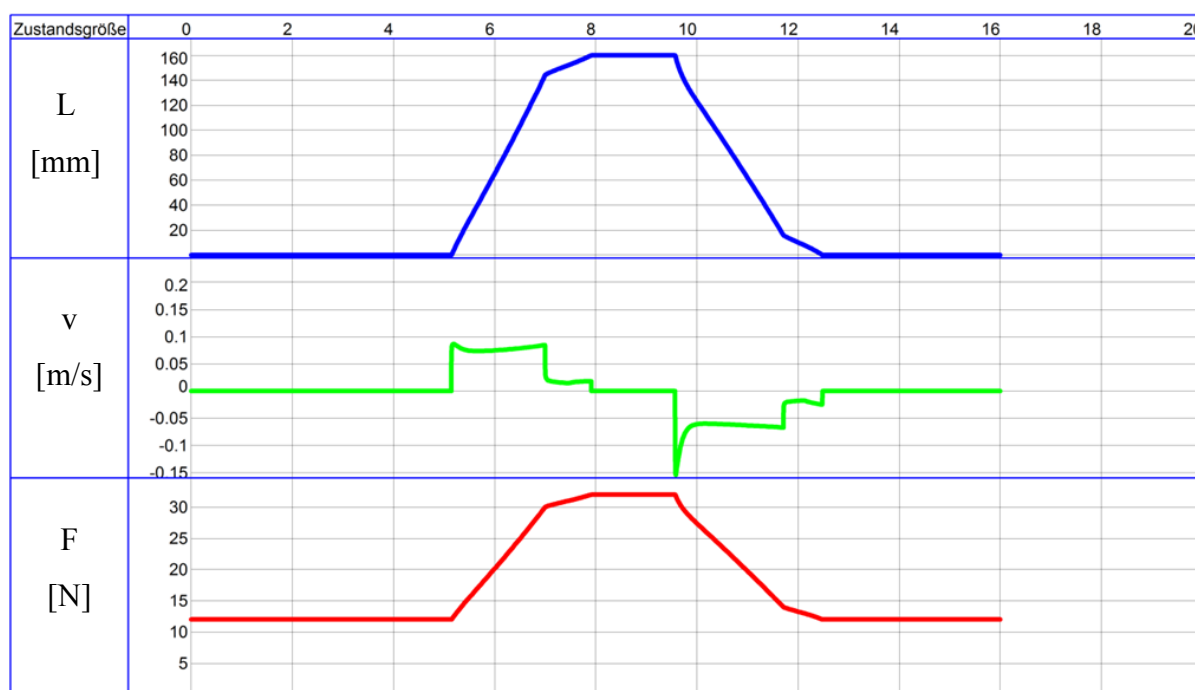
Schéma (Obrázek 7.17) znázorňuje směr proudění média při výsunu pístnice, médium proudící do pístu jde přes kuličku škrtícího ventilu do válce a tlačí píst ven, médium, které je vytlačováno z přední části válce je přes škrtící ventil brzděno a tímto způsobem je nastavovaná rychlost pístnice, zasunutí pístnice probíhá stejným způsobem, ale naopak.



Obrázek 7.17 schéma proudění média

### Naměřené hodnoty:

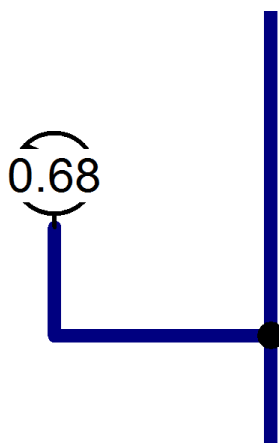
Po vytvoření simulací jsem vyčetl a dopočítal hodnoty popisující průběh výsunu a zásunu pístnice, z grafu (Graf 7.3) můžeme vyčíst průběhy vzdálenosti, rychlosti a externího zatížení (síla vyvolaná pružinou) na čase.



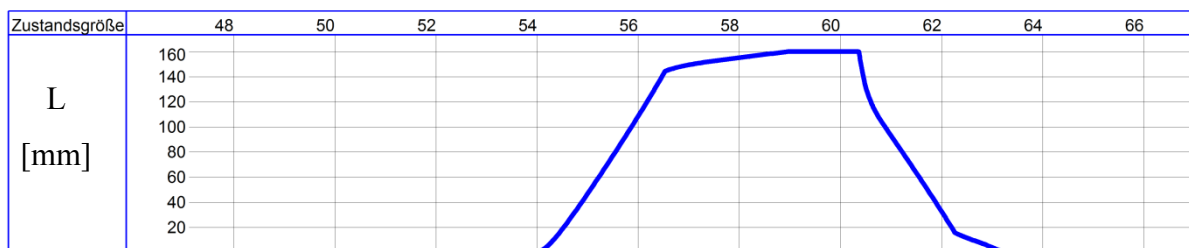
Graf 7.3 naměřené hodnoty

Z grafu (Graf 7.3) můžeme vyčíst, že čas potřebný k vysunutí pístnice jsou necelé 3 s a čas potřebný k zasunutí pístnice jsou necelé 3 s

Dále jsem zjistil úbytek tlaků po provedení všech čtyř cyklů (Obrázek 7.18) úbytek činil pouze 0,02 MPa a vzdušník dokáže dodat médium pro cca 60 cyklů, než tlak klesne na minimální pracovní tlak  $p_{\min} = 0,4$  MPa, s tímto tlakem proběhne vysunutí trubice za 5 s a zasunutí za necelé 3 s (Graf 7.4)



Obrázek 7.18 úbytek tlaku



Graf 7.4 závislost délky pístnice na čase

#### 7.4.1 Volba komponent pneumatického bloku

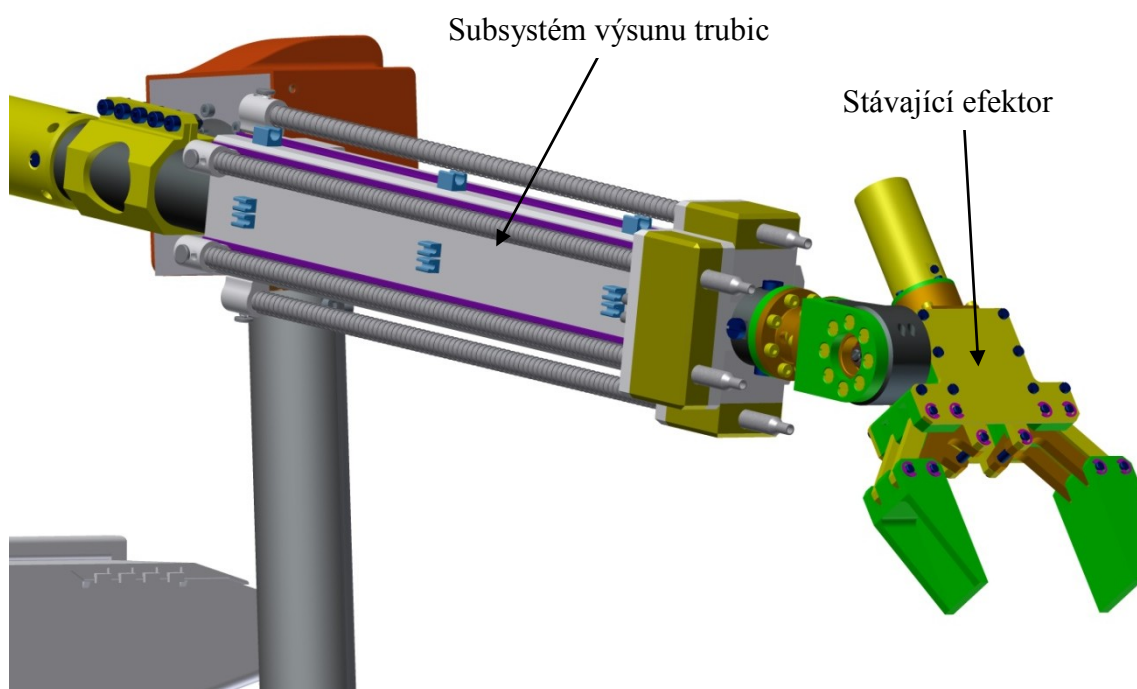
Všechny použité pneumatické komponenty jsou vybrány od firmy FESTO kromě stávajících komponent, které jsou, již na MR umístěny. (Tabulka 7.6) [15]

Komponenta	počet ks
Pneumatický válec DSNU-12-160-EX4	4
Škrťací ventil GRLA M5-RS-B	8
Ventilový terminál 10P-10-4C-IC-R-W-EX3	1
Elektromagnetická cívka MSFW-24AC-M-EX	4
Tlumič hluku UC-M5	1

Tabulka 7.6 pneumatických komponent

## 8. Konstrukční návrh prototypu výsunu trubic s použitím stávajícího efektoru

V průběhu práce nad optimální variantou subsystému určeného pro výsun trubic bylo upraveno zadání s tím, že se musí použít stávající efektor MR ARES (Obrázek 8.1). Proto jsem začal pracovat na takzvaném prototypu, tento konstrukční návrh prototypu nesplňuje základní požadavky na způsob odběru vzorků, není možné odebrat vzorek z prostoru efektoru díky jeho vyosení. Trubice se vysunují po boku efektoru, takže je nemožné odebrat vzorek tekutiny z nádoby uchycené efektem. Prototyp konstrukčně vychází z optimální varianty výsunu trubic s použitím bovdeny a lanka s jediným rozdílem a to v uspořádání trubic a umístěním na rameno MR. Tento prototyp může posloužit k dalšímu zkoumání a testování mechanismu s pohony umístěnými na rám MR.

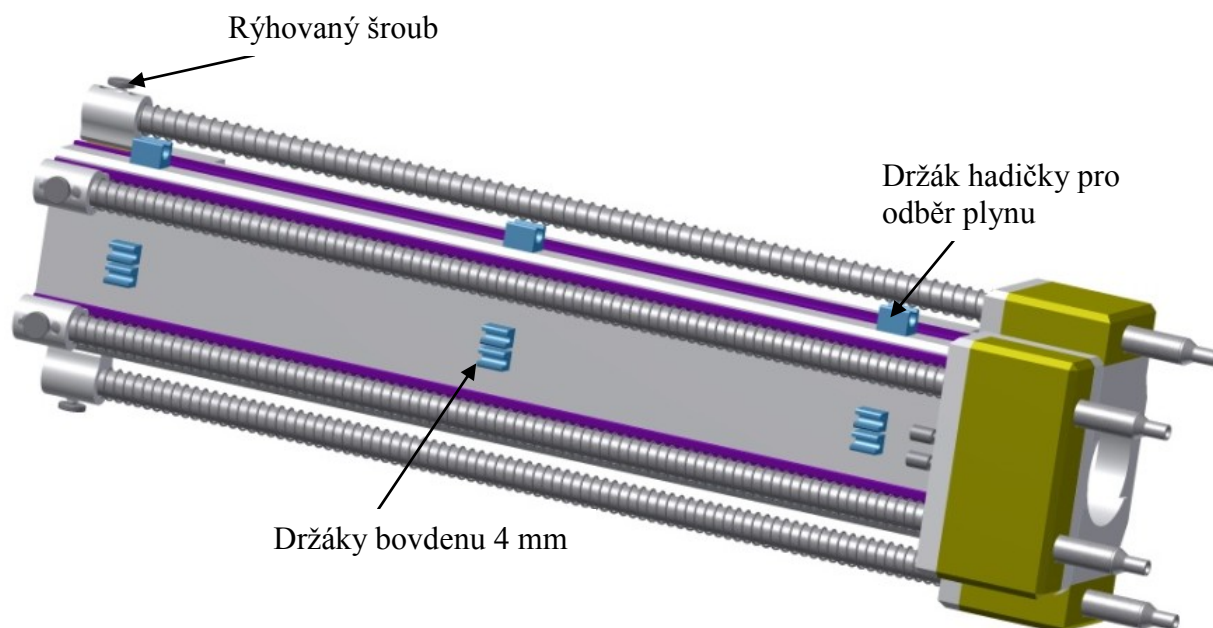


Obrázek 8.1 pohled na sestavu subsystému výsunu trubic a efektoru



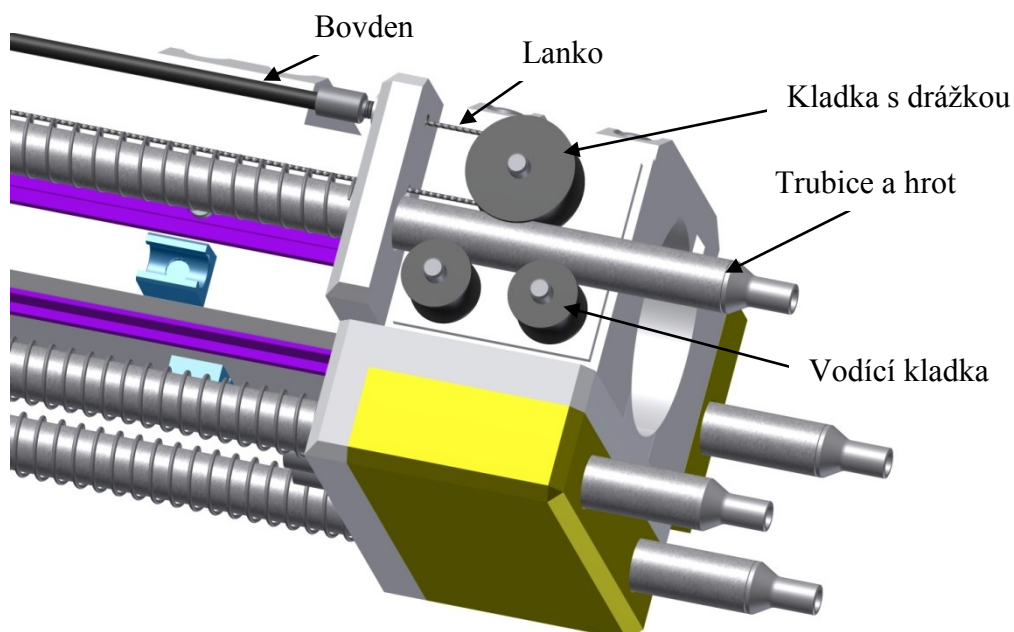
## 8.1 Konstrukční návrh výsunu trubic prototypu

Konstrukční řešení subsystému bylo navrženo, tak aby jeho montáž či demontáž z ramene MR byla co nejjednodušší, k tomuto účelu byl zvolen svěrný spoj. Tento spoj nevyžaduje další úpravy ramene, čímž se snižují náklady na výrobu. Dále jsou na konstrukci připevněny držáky hadiček 8 mm k připevnění hadičky určené k odběru plyných vzorků. Celou konstrukci subsystému můžeme vidět na Obrázku 8.2



Obrázek 8.2 model subsystému pro odběr tekutin

Jako pohon je navržen mechanismus kladky jako u optimální varianty viz kapitola 7.3

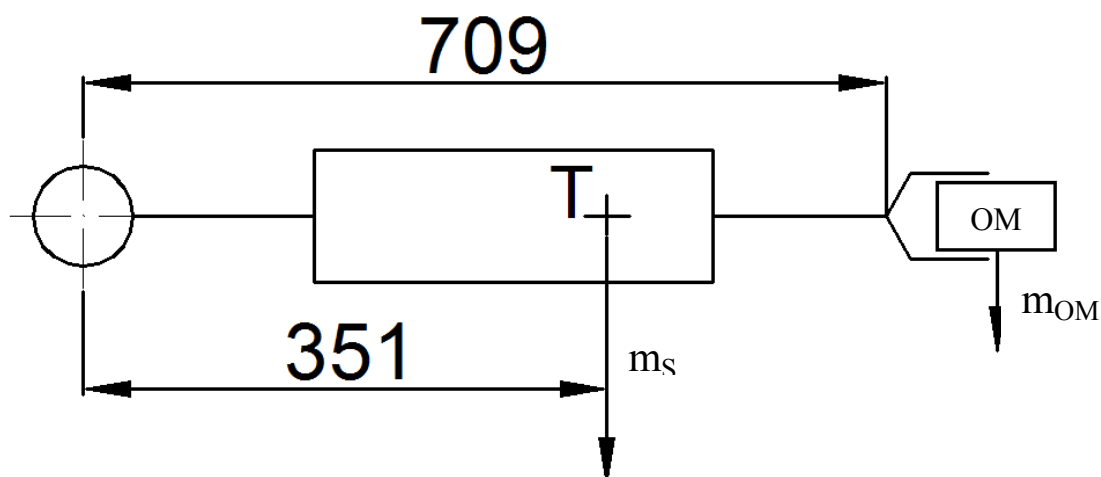


Obrázek 8.3 vnitřní uspořádání kladek



**Zatížení ramene MR ARES:**

U výpočtu zatížení ramene MR vycházím z momentové podmínky, kdy jsem si zjistil těžiště subsystému výsunu trubic a jeho hmotnost a spočetl momenty ke kloubu ramene. Na Obrázku 8.4 vidíme vzdálenosti těžiště subsystému a efektoru od kloubu ramene. Maximální hmotnost OM jsou 2 Kg (konzultováno s pánem Ing. M. Mihola, Ph.D.)



Obrázek 8.4 schéma zatížení ramene

*Kroutící moment od OM:*

$$M_{OM} = m_{OM} \cdot g \cdot 0,709$$

$$M_{OM} = 2 \cdot 9,81 \cdot 0,709$$

$$M_{OM} = 13,91 \text{ N} \cdot \text{m}$$

*Kroutící moment od subsystému:*

$$M_S = m_S \cdot g \cdot 0,351$$

$$M_S = 2,9 \cdot 9,81 \cdot 0,351$$

$$M_S = 9,99 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Z výpočtu vyplývá, že navržený pohon ramene přenesení krotící moment 13,91 Nm při zatížení OM o hmotnosti ( $m_{OM} = 2 \text{ Kg}$ ) odečteme-li krotící moment, který vyvolá subsystém výsunu trubic (cca 10 Nm), získáme krotící moment, který může vyvolat OM při umístění subsystému na rameni.

*Hmotnost OM s instalovaným subsystémem:*

$$m_{\text{max.OM}} = \frac{M_{OM} - M_S}{0,709 \cdot g}$$

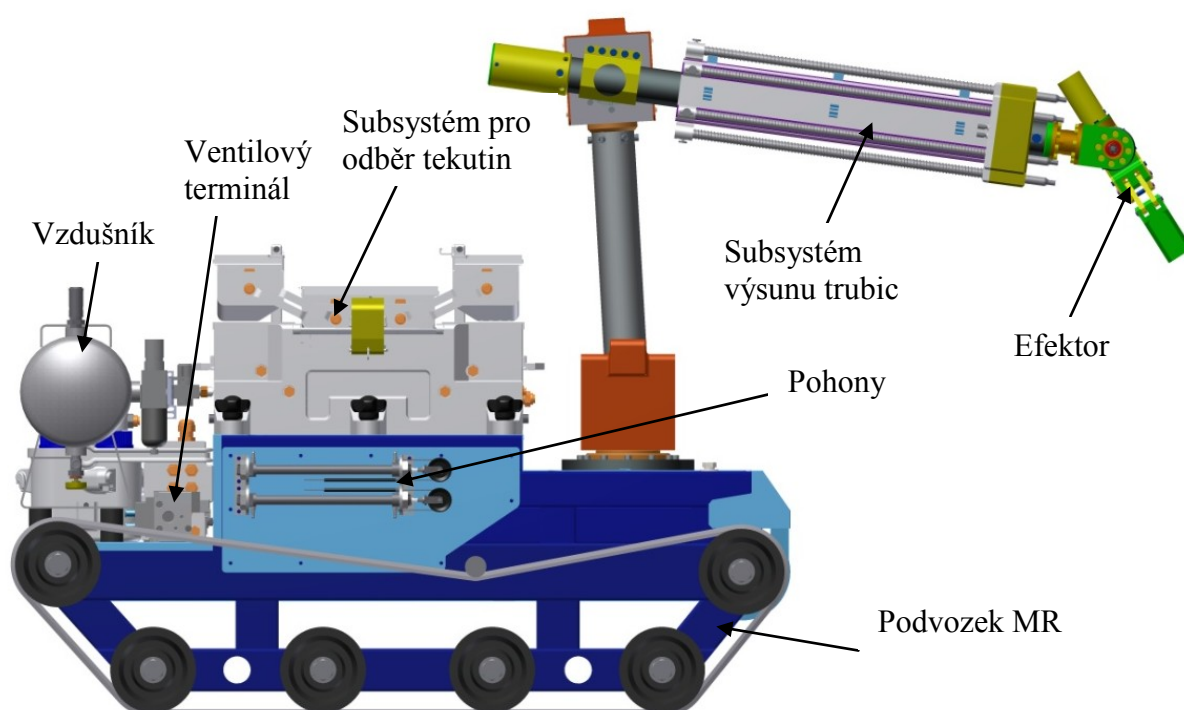
$$m_{\text{max.OM}} = \frac{13,91 - 9,99}{0,709 \cdot 9,81}$$

$$m_{\text{max.OM}} = 0,56 \text{ Kg}$$

Tato nosnost se nedá přesně určit, jelikož nevíme jakou přesnou hmotnost bude mít subsystém výsunu trubic, nedokážeme přesně určit hustotu součástí tisknutých metodou Rapid Prototyping, protože stroj si vytváří vlastní odlehčení a dutiny. Při vytvoření nejtěžší součásti v 3D modelu, držák vedení, jsem zjistil při zadané hustotě  $1200 \text{ Kg/m}^3$ , že hmotnost tohoto držáku je 728g a při vytvoření skořepiny o tloušťce stěny 3 mm tato hmotnost klesne na 310g čímž by se zvýšila maximální hmotnost OM na 700 g.

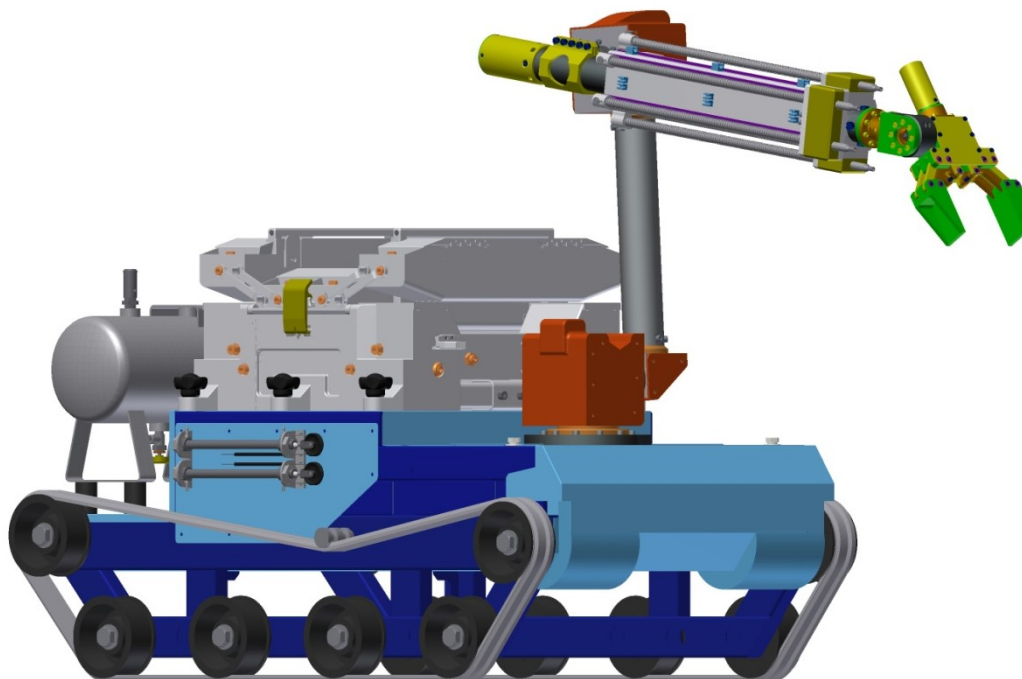
## 8.2 Rozmístění subsystému na MR ARES

Pohled na model celé sestavy MR s jednotlivými subsystémy (Obrázek 8.5)

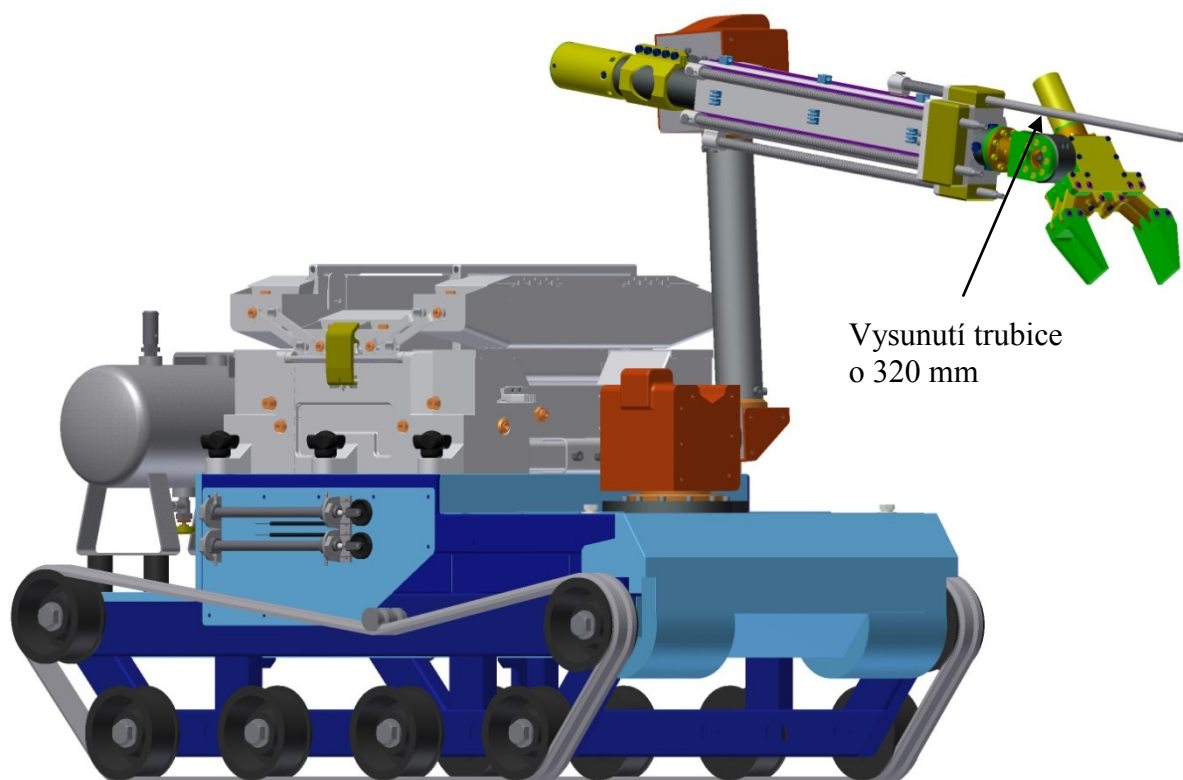


Obrázek 8.5 model MR ARES se všemi subsystémy

Celkový prostorový pohled na MR ARES se všemi subsystemy k odběru nebezpečných tekutin (Obrázek 8.6) a pohled na sestavu v pracovní poloze, kdy je trubice vysunutá o 320mm. (Obrázek 8.7)



Obrázek 8.6 model MR ARES



Obrázek 8.7 model MR ARES v pracovní poloze

## 9. Závěr

V bakalářské práci byla řešena problematika výsunu trubic pro odběr nebezpečných tekutin v prostředí s potenciálním výskytem výbušné atmosféry. Proto, aby mohl subsystém pracovat ve výbušném prostředí, bylo potřeba navrhnout mechanismy, tak aby splňovaly směrnici ATEX kategorie II G/D (povrchové prostředí s výskytem atmosféry tvořené plynem / prachem). Tuto směrnici se podařilo dodržet, ale subsystém by ještě musel projít přísnou atestací než by získal certifikaci pro práci ve výbušném prostředí.

Dále byly v práci řešeny konstrukční návrhy techniky odběru nebezpečných tekutin, kde byla zvolená optimální varianta s použitím efektoru a orientačního ústrojí, k této technice byla pomoci hodnotové analýzy vybrána varianta výsunu trubic, která pak byla detailně řešena. V průběhu práce se však pozměnilo zadání a muselo se využít stávajícího efektoru, tento efektor má jeden stupeň volnosti (sklápění k ose ramene), takže není možné nebo jsem nenašel, způsob výsunu trubic do prostoru efektoru. Proto byl navržen tzv. prototyp, tento prototyp využívá stejný mechanismus jako navržená optimální varianta, jediný rozdíl mezi variantami je v tvaru držáku a uspořádání trubic. Tuto variantu jsem nazval prototypem, jelikož nesplňuje základní požadované vlastnosti a to schopnost odebrat vzorek z prostoru efektoru.

Jako pohon byl navržen pneumatický, dvojčinný válec se škrcením na odvodu, tento válec je řízen pomoci ventilového terminálu s použitím ventilu typu monostabilní 5/2 a elektromagnetickým ovládáním. Tento terminál splňuje požadavky směrnice ATEX, ale je na zvážení zda je vhodné tento terminál použít z důvodu předpokládané ceny několik desítek tisíc korun.

V práci byl detailně rozpracován prototyp subsystému výsunu trubic s pohony ve 3D, a v příloze přikládám sestavný výkres prototypu, výrobní výkres držáku vedení a seznam součástí a komponent s orientační cenou.

## 10. Seznam použité literatury a technických podkladů

- [1] Vodárenská Akciová společnost. [online]. 2005 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://www.vastd.cz/produkty/5-komplet.pdf>>
- [2] Labicom: *Příslušenství pro odběr. laboratorní přístroje a příslušenství*. [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://www.labicom.cz/prislusenstvi-pro-odber-153/>>
- [3] Ochranné systémy VST Engineering: *výbuchy prachu, plynů a par*. [online]. 2011 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://www.vst.cz/CZE/informace/legislativa.htm>>
- [4] Kronium: *ATEX certifikace pro zařízení do výbušného prostředí*. [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <[http://www.kronium.cz/atex-certifikace-pro-zarizeni-do-vybusneho-prostredi/info\\_24.html](http://www.kronium.cz/atex-certifikace-pro-zarizeni-do-vybusneho-prostredi/info_24.html)>
- [5] TOP CENTRUM: *Ruční nářadí, elektrické nářadí, stroje, nástroje, stavební mechanizace*. [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://www.topcentrum.cz/files/file/Katalogy/4.pdf>>
- [6] TOP CENTRUM: *Ruční nářadí, elektrické nářadí, stroje, nástroje, stavební mechanizace*. [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://www.topcentrum.cz/files/file/Katalogy/2.pdf>>
- [7] Antistatika.cz: *Antistatické boxy, krabičky z plastů*. [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://www.antistatika.cz/>>
- [8] Eshop barvy laky, lepidla, míchané barvy, tmely, žebříky, nářadí. [online]. 2008 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://www.eshop-barvy.cz/>>
- [9] KOVAZ: *Hydraulika pneumatika hadice rychlospojky šroubení Legris Parker*. [online]. 2008 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://www.kovaz.cz/pneumaticke-rotacni-pohony/pneumaticke-vzduchove-motory/p1v-s-ad/p1v-s020ad018.html>>
- [10] Igus<sup>®</sup>.cz: *distributor Hennlich Industrietechnik pro Českou republiku*. [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://www.igus.cz/default.asp?c=cz&L=cs>>
- [11] Polykarbonát. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Polykarbonat>>
- [12] Igus<sup>®</sup>.cz: *DryLin<sup>®</sup> expert 2.0* [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <<http://www.igus.cz/drylinexpert/default.aspx>>
- [13] Festo Czech Republic [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <[http://www.festo.com/rep/cs\\_cz/assets/pdf/cz\\_podminkyvpneumatice.pdf](http://www.festo.com/rep/cs_cz/assets/pdf/cz_podminkyvpneumatice.pdf)>

- [14] ČSN 27 1820. *Zdvihací zařízení. Kladky a bubny pro ocelová lana.* ČESKOSLOVENSKÁ STÁTNÍ NORMA, 1957.
- [15] *Festo Czech Republic* [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: [<http://www.festo.com/cms/cs\\_cz/index.htm>](http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm)

## **11. Přílohy**

Tištěná forma:

Sestavný výkres prototypu

Výrobní výkres držáku vedení

Seznam použitých součástí a komponentů

Elektronická forma (na přiloženém CD):

Sestavní výkres prototypu

Výrobní výkres držáku vedení

3D model prototypu subsystému výsunu trubic